

TRAITE DE COOPERATION EN MATIERE DE BREVETS

PCT

NOTIFICATION D'ELECTION

(règle 61.2 du PCT)

Expéditeur: le BUREAU INTERNATIONAL

Destinataire:

Commissioner
 US Department of Commerce
 United States Patent and Trademark
 Office, PCT
 2011 South Clark Place Room
 CP2/5C24
 Arlington, VA 22202
 ETATS-UNIS D'AMERIQUE
 en sa qualité d'office élu

Date d'expédition (jour/mois/année) 10 janvier 2001 (10.01.01)	
Demande internationale no PCT/FR00/01297	Référence du dossier du déposant ou du mandataire 70840c14
Date du dépôt international (jour/mois/année) 12 mai 2000 (12.05.00)	Date de priorité (jour/mois/année) 12 mai 1999 (12.05.99)
Déposant VU THIEN, Binh etc	

1. L'office désigné est avisé de son élection qui a été faite:

☒ dans la demande d'examen préliminaire international présentée à l'administration chargée de l'examen préliminaire international le:

02 décembre 2000 (02.12.00)

☐ dans une déclaration visant une élection ultérieure déposée auprès du Bureau international le:

2. L'élection ☒ a été faite

☐ n'a pas été faite

avant l'expiration d'un délai de 19 mois à compter de la date de priorité ou, lorsque la règle 32 s'applique, dans le délai visé à la règle 32.2b).

Bureau international de l'OMPI
 34, chemin des Colombettes
 1211 Genève 20, Suisse

no de télécopieur: (41-22) 740.14.35

Fonctionnaire autorisé

Maria Kirchner

no de téléphone: (41-22) 338.83.38

THIS PAGE BLANK (USPTO)

TRAITE DE COOPERATION EN MATIERE DE BREVETS

PCT

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

(article 18 et règles 43 et 44 du PCT)

Référence du dossier du déposant ou du mandataire 70840c14	POUR SUITE A DONNER voir la notification de transmission du rapport de recherche internationale (formulaire PCT/ISA/220) et, le cas échéant, le point 5 ci-après	
Demande internationale n° PCT/FR 00/ 01297	Date du dépôt international (jour/mois/année) 12/05/2000	(Date de priorité (la plus ancienne) (jour/mois/année) 12/05/1999
Déposant UNIVERSITE CLAUDE BERNARD LYON I et al.		

Le présent rapport de recherche internationale, établi par l'administration chargée de la recherche internationale, est transmis au déposant conformément à l'article 18. Une copie en est transmise au Bureau international.

Ce rapport de recherche internationale comprend 4 feuilles.



Il est aussi accompagné d'une copie de chaque document relatif à l'état de la technique qui y est cité.

1. Base du rapport

a. En ce qui concerne la **langue**, la recherche internationale a été effectuée sur la base de la demande internationale dans la langue dans laquelle elle a été déposée, sauf indication contraire donnée sous le même point.



la recherche internationale a été effectuée sur la base d'une traduction de la demande internationale remise à l'administration.

b. En ce qui concerne les **séquences de nucléotides ou d'acides aminés** divulguées dans la demande internationale (le cas échéant), la recherche internationale a été effectuée sur la base du listage des séquences :



contenu dans la demande internationale, sous forme écrite.



déposée avec la demande internationale, sous forme déchiffrable par ordinateur.



remis ultérieurement à l'administration, sous forme écrite.



remis ultérieurement à l'administration, sous forme déchiffrable par ordinateur.



La déclaration, selon laquelle le listage des séquences présenté par écrit et fourni ultérieurement ne vas pas au-delà de la divulgation faite dans la demande telle que déposée, a été fournie.



La déclaration, selon laquelle les informations enregistrées sous forme déchiffrable par ordinateur sont identiques à celles du listage des séquences présenté par écrit, a été fournie.

2. ☐ Il a été estimé que certaines revendications ne pouvaient pas faire l'objet d'une recherche (voir le cadre I).

3. ☐ Il y a absence d'unité de l'invention (voir le cadre II).

4. En ce qui concerne le **titre**,



le texte est approuvé tel qu'il a été remis par le déposant.



Le texte a été établi par l'administration et a la teneur suivante:

5. En ce qui concerne l'**abrégi**,



le texte est approuvé tel qu'il a été remis par le déposant



le texte (reproduit dans le cadre III) a été établi par l'administration conformément à la règle 38.2b). Le déposant peut présenter des observations à l'administration dans un délai d'un mois à compter de la date d'expédition du présent rapport de recherche internationale.

6. La figure **des dessins** à publier avec l'abrégi est la Figure n°



suggérée par le déposant.



parce que le déposant n'a pas suggéré de figure.



parce que cette figure caractérise mieux l'invention.

2bis _____



Aucune des figures n'est à publier.

THIS PAGE BLANK (USPTO)

091026489

Translation

PATENT COOPERATION TREATY

PCT

INTERNATIONAL PRELIMINARY EXAMINATION REPORT

(PCT Article 36 and Rule 70)

Applicant's or agent's file reference 70840c14	FOR FURTHER ACTION See Notification of Transmittal of International Preliminary Examination Report (Form PCT/IPEA/416)	
International application No. PCT/FR00/01297	International filing date (day/month/year) 12 May 2000 (12.05.00)	Priority date (day/month/year) 12 May 1999 (12.05.99)
International Patent Classification (IPC) or national classification and IPC H01J 1/30		
Applicant UNIVERSITE CLAUDE BERNARD LYON I		

<p>1. This international preliminary examination report has been prepared by this International Preliminary Examining Authority and is transmitted to the applicant according to Article 36.</p> <p>2. This REPORT consists of a total of <u>9</u> sheets, including this cover sheet.</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> This report is also accompanied by ANNEXES, i.e., sheets of the description, claims and/or drawings which have been amended and are the basis for this report and/or sheets containing rectifications made before this Authority (see Rule 70.16 and Section 607 of the Administrative Instructions under the PCT).</p> <p>These annexes consist of a total of <u>9</u> sheets.</p>	
<p>3. This report contains indications relating to the following items:</p> <p>I <input checked="" type="checkbox"/> Basis of the report</p> <p>II <input type="checkbox"/> Priority</p> <p>III <input type="checkbox"/> Non-establishment of opinion with regard to novelty, inventive step and industrial applicability</p> <p>IV <input type="checkbox"/> Lack of unity of invention</p> <p>V <input checked="" type="checkbox"/> Reasoned statement under Article 35(2) with regard to novelty, inventive step or industrial applicability; citations and explanations supporting such statement</p> <p>VI <input checked="" type="checkbox"/> Certain documents cited</p> <p>VII <input checked="" type="checkbox"/> Certain defects in the international application</p> <p>VIII <input checked="" type="checkbox"/> Certain observations on the international application</p>	

Date of submission of the demand 02 December 2000 (02.12.00)	Date of completion of this report 24 August 2001 (24.08.2001)
Name and mailing address of the IPEA/EP	Authorized officer
Facsimile No.	Telephone No.

THIS PAGE BLANK (USPTO)

INTERNATIONAL PRELIMINARY EXAMINATION REPORT

International application No.
PCT/FR00/01297

I. Basis of the report

1. With regard to the elements of the international application:*

- ☐ the international application as originally filed
- ☒ the description:
 pages 1,6,7,9-11, as originally filed
 pages _____, filed with the demand
 pages 2-5,8, filed with the letter of 28 April 2001 (28.04.2001)
- ☒ the claims:
 pages _____, as originally filed
 pages _____, as amended (together with any statement under Article 19
 pages _____, filed with the demand
 pages 1-18, filed with the letter of 28 April 2001 (28.04.2001)
- ☒ the drawings:
 pages 1/8-8/8, as originally filed
 pages _____, filed with the demand
 pages _____, filed with the letter of _____
- ☐ the sequence listing part of the description:
 pages _____, as originally filed
 pages _____, filed with the demand
 pages _____, filed with the letter of _____

2. With regard to the language, all the elements marked above were available or furnished to this Authority in the language in which the international application was filed, unless otherwise indicated under this item.

These elements were available or furnished to this Authority in the following language _____ which is:

- ☐ the language of a translation furnished for the purposes of international search (under Rule 23.1(b)).
- ☐ the language of publication of the international application (under Rule 48.3(b)).
- ☐ the language of the translation furnished for the purposes of international preliminary examination (under Rule 55.2 and/or 55.3).

3. With regard to any nucleotide and/or amino acid sequence disclosed in the international application, the international preliminary examination was carried out on the basis of the sequence listing:

- ☐ contained in the international application in written form.
- ☐ filed together with the international application in computer readable form.
- ☐ furnished subsequently to this Authority in written form.
- ☐ furnished subsequently to this Authority in computer readable form.
- ☐ The statement that the subsequently furnished written sequence listing does not go beyond the disclosure in the international application as filed has been furnished.
- ☐ The statement that the information recorded in computer readable form is identical to the written sequence listing has been furnished.

4. ☐ The amendments have resulted in the cancellation of:

- ☐ the description, pages _____
- ☐ the claims, Nos. _____
- ☐ the drawings, sheets/fig _____

5. ☐ This report has been established as if (some of) the amendments had not been made, since they have been considered to go beyond the disclosure as filed, as indicated in the Supplemental Box (Rule 70.2(c)).**

* Replacement sheets which have been furnished to the receiving Office in response to an invitation under Article 14 are referred to in this report as "originally filed" and are not annexed to this report since they do not contain amendments (Rule 70.16 and 70.17).

** Any replacement sheet containing such amendments must be referred to under item 1 and annexed to this report.

THIS PAGE BLANK (USPTO)

I. Basis of the report

1. This report has been drawn on the basis of *(Replacement sheets which have been furnished to the receiving Office in response to an invitation under Article 14 are referred to in this report as "originally filed" and are not annexed to the report since they do not contain amendments.)*:

The amendments submitted with the letter of 26 April 2001 cause the subject matter of the application to be extended beyond the content of the application as originally filed and are thus contrary to the provisions of PCT Article 34(2)(b).

1. In **claim 1** and on page 3, the term "the anode" in the phrase "the anode has at least one junction..." is not supported by the application as filed. It appears that this feature should be "the cathode" rather than "the anode".

Therefore, the present report has been drawn up as if the term "the cathode" had been used instead of "the anode" in the above phrase (PCT Rule 70.2(c)).

2. In **claims 1 and 6** and on page 3, the feature "surface potential of 0.05 to 1 eV" is not supported by the application as filed. According to page 6, the Schottky junction (9) has a potential of 0.05 to 1 eV.

(See also Box VIII, point 1 below.)

3. On pages 2 and 5, the values expressed in Pa are not based on an exact correlation of 1 Torr = 133.3 Pa, nor are they supported by the application as filed.

Therefore, the present report has been drawn up as if the amendments referred to in points 2 and 3

THIS PAGE BLANK (USPTO)

INTERNATIONAL PRELIMINARY EXAMINATION REPORT

International application No.

EP 00/01297

I. Basis of the report

1. This report has been drawn on the basis of *(Replacement sheets which have been furnished to the receiving Office in response to an invitation under Article 14 are referred to in this report as "originally filed" and are not annexed to the report since they do not contain amendments.)*:

above had not been made (PCT Rule 70.2(c)).

THIS PAGE BLANK (USPTO)

INTERNATIONAL PRELIMINARY EXAMINATION REPORT

International application No.

/FR 00/01297

V. Reasoned statement under Article 35(2) with regard to novelty, inventive step or industrial applicability; citations and explanations supporting such statement

1. Statement

Novelty (N)	Claims	1-18	YES
	Claims		NO
Inventive step (IS)	Claims	1-18	YES
	Claims		NO
Industrial applicability (IA)	Claims	1-18	YES
	Claims		NO

2. Citations and explanations

1. Reference is made to the following documents:

D1: WO 98 06135 A (PHILIPS ELECTRONICS NV; PHILIPS NORDEN AB (SE)) 12 February 1998 (1998-02-12) cited in the application

D2: PATENT ABSTRACTS OF JAPAN, vol. 018, no. 167 (E-1528), 22 March 1994 (1994-03-22) & JP 05 342983 A (SAAMOBONITSUKU: KK; OTHERS: 01), 24 December 1993 (1993-12-24)

2. Document **D1** describes (see figures 1-5, pages 5-8) a device and a method for extracting, in a vacuum, electrons emitted by a cathode 50 spaced apart from an anode 100 placed at a predetermined potential relative to the cathode by means of a biasing source, comprising:

- an emitter cathode 50 comprising at least one junction between a metal 14 (Cr; page 8, line 23) and a semiconductor 10 (e.g. Si; page 5, line 9), specifically an n-type semiconductor (see page 5, lines 16 and 27), having a potential barrier height Φ_B of around 0.85 eV (page 8, line 24 and figure 3),

THIS PAGE BLANK (USPTO)

wherein the surface potential is of a few tenths of 1 eV (see figure 3: the surface potential to the right of "N_e" is of the same order of magnitude as Φ_B), and the n-type semiconductor has an electron emission area with a thickness of around 100 nm; - and a biasing source (see page 5, line 29 ff.) generating an electric field (necessarily also in a vacuum) whereby the electrons are injected through the metal-semiconductor junction and a sufficient space charge is generated in the semiconductor to lower the semiconductor surface potential barrier Φ_B to a value of at most 1 eV relative to the Fermi level of the metal (see figure 4: the value of ≤ 1 eV is implicit because even without an external electric field, Φ_B is substantially lower than the band gap of, for example, 1.1 eV for Si). Furthermore, the biasing source controls electron emission (see page 5, line 29 ff.), and thus necessarily also controls the height of the potential barrier and the electron affinity of the n-type semiconductor surface.

The subject matter of claims 1 and 6 differs from the method and the device described in document D1 in that the semiconductor has a thickness of 1-20 nm.

3. Document **D2** (see abstract) also discloses all of the features of claims 1 and 6 with the exception of the semiconductor thickness of 1-20 nm.

Therefore, the subject matter of claims 1 and 6 is novel (PCT Article 33(2)).

THIS PAGE BLANK (USPTO)

4. The problem to be solved is that of finding a technique for extracting electrons at a low temperature and in a weak electric field (page 2, lines 22-26).

The thinness of the semiconductor according to claims 1 and 6 assists in achieving this aim by enabling the surface potential barrier to be lowered (figures 2, 4; page 6, lines 15-16).

Since this feature is neither described nor suggested in the documents cited in the international search report, and is therefore non-obvious to a person skilled in the art, the subject matter of claims 1 and 6 involves an inventive step as defined in PCT Article 33(3).

5. The emitter cathode according to claim 8 and the use thereof according to claims 17 and 18 differ from the prior art by virtue of the same feature as claims 1 and 6, and thus also comply with the requirements of PCT Article 33(1).
6. The dependent claims relate to embodiments of the invention and thus also comply with the requirements of PCT Article 33(1).

THIS PAGE BLANK (USPTO)

VII. Certain defects in the international application

The following defects in the form or contents of the international application have been noted:

The independent claims have been drafted in two parts. However, the present form of these claims is incorrect because some of the features in the characterising part are disclosed in the prior art (D1 or D2; see Box V above) in combination with the features set forth in the preamble (PCT Rule 6.3(b)).

THIS PAGE BLANK (USPTO)

VIII. Certain observations on the international application

The following observations on the clarity of the claims, description, and drawings or on the question whether the claims are fully supported by the description, are made:

1. In **claim 1**, the phrase "the metal-semiconductor junction having a surface potential barrier height..." is unclear because it contains a contradiction.

Indeed, the metal-semiconductor junction 9 (having a potential barrier height of 0.05-1 eV; page 6) does not have a free surface, and is quite different from the surface 11 of the semiconductor 8 (having a surface potential barrier V_p ; page 7; see also figure 1).

For the same reason, it should be made clear in **claim 6** that not only the cathode but also the semiconductor (8) has a surface potential barrier height.

(see also Box I, point 2 above).

2. It is clear from the description (page 27, lines 27-28) as well as the letter of reply (page 2, last four paragraphs) that the following feature is essential for the definition of the invention:

- the variable electric field generated in the vacuum by the biasing source (5) enables the surface potential barrier (V_p) to be modulated.

Since **independent claims 1 and 6** do not contain this feature (in claim 6, the participle "enabling" (French text: "permettant") does not refer clearly to the "field"), they fail to comply with the

THIS PAGE BLANK (USPTO)

VIII. Certain observations on the international application

requirements of PCT Article 6 in combination with PCT Rule 6.3(b), according to which an independent claim must contain all of the technical features essential for the definition of the invention.

3. The wording used at the end of the description (page 18) appears to indicate that the subject matter for which protection is sought is not the same as that defined in the claims. The result is a lack of clarity (PCT Article 6) when the claims are interpreted in the light of the description (see the PCT Guidelines, III-4.3a).

THIS PAGE BLANK (USPTO)

PCT

REC'D 27 AUG 2001

RAPPORT D'EXAMEN PRELIMINAIRE INTERNATIONAL

(article 36 et règle 70 du PCT)

Référence du dossier du déposant ou du mandataire H.70840c14 JMT/MC	POUR SUITE A DONNER voir la notification de transmission du rapport d'examen préliminaire international (formulaire PCT/IPEA/416)	
Demande internationale n° PCT/FR00/01297	Date du dépôt international (jour/mois/année) 12/05/2000	Date de priorité (jour/mois/année) 12/05/1999
Classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois classification nationale et CIB H01J1/30		
Déposant UNIVERSITE CLAUDE BERNARD LYON I et al.		



1. Le présent rapport d'examen préliminaire international, établi par l'administration chargée de l'examen préliminaire international, est transmis au déposant conformément à l'article 36.
2. Ce RAPPORT comprend 9 feuilles, y compris la présente feuille de couverture.

☒ Il est accompagné d'ANNEXES, c'est-à-dire de feuilles de la description, des revendications ou des dessins qui ont été modifiées et qui servent de base au présent rapport ou de feuilles contenant des rectifications faites auprès de l'administration chargée de l'examen préliminaire international (voir la règle 70.16 et l'instruction 607 des Instructions administratives du PCT).

Ces annexes comprennent 9 feuilles.

3. Le présent rapport contient des indications relatives aux points suivants:

- I ☒ Base du rapport
- II ☐ Priorité
- III ☐ Absence de formulation d'opinion quant à la nouveauté, l'activité inventive et la possibilité d'application industrielle
- IV ☐ Absence d'unité de l'invention
- V ☒ Déclaration motivée selon l'article 35(2) quant à la nouveauté, l'activité inventive et la possibilité d'application industrielle; citations et explications à l'appui de cette déclaration
- VI ☒ Certains documents cités
- VII ☒ Irrégularités dans la demande internationale
- VIII ☒ Observations relatives à la demande internationale

Date de présentation de la demande d'examen préliminaire internationale 02/12/2000	Date d'achèvement du présent rapport 24.08.2001
Nom et adresse postale de l'administration chargée de l'examen préliminaire international:  Office européen des brevets D-80298 Munich Tél. +49 89 2399 - 0 Tx: 523656 epmu d Fax: +49 89 2399 - 4465	Fonctionnaire autorisé Lang, T N° de téléphone +49 89 2399 2594 

(1)

THIS PAGE BLANK (USPTO)

RAPPORT D'EXAMEN PRÉLIMINAIRE INTERNATIONAL

Demande internationale n° PCT/FR00/01297

I. Base du rapport

1. En ce qui concerne les **éléments** de la demande internationale (*les feuilles de remplacement qui ont été remises à l'office récepteur en réponse à une invitation faite conformément à l'article 14 sont considérées dans le présent rapport comme "initialement déposées" et ne sont pas jointes en annexe au rapport puisqu'elles ne contiennent pas de modifications (règles 70.16 et 70.17)*):

Description, pages:

1,6,7,9-11	version initiale			
2-5,8	reçue(s) le	28/04/2001	avec la lettre du	26/04/2001

Revendications, N°:

1-18	reçue(s) le	28/04/2001	avec la lettre du	26/04/2001
------	-------------	------------	-------------------	------------

Dessins, feuilles:

1/8-8/8	version initiale
---------	------------------

2. En ce qui concerne la **langue**, tous les éléments indiqués ci-dessus étaient à la disposition de l'administration ou lui ont été remis dans la langue dans laquelle la demande internationale a été déposée, sauf indication contraire donnée sous ce point.

Ces éléments étaient à la disposition de l'administration ou lui ont été remis dans la langue suivante: , qui est :

- ☐ la langue d'une traduction remise aux fins de la recherche internationale (selon la règle 23.1(b)).
- ☐ la langue de publication de la demande internationale (selon la règle 48.3(b)).
- ☐ la langue de la traduction remise aux fins de l'examen préliminaire internationale (selon la règle 55.2 ou 55.3).

3. En ce qui concerne les **séquences de nucléotides ou d'acide aminés** divulguées dans la demande internationale (le cas échéant), l'examen préliminaire internationale a été effectué sur la base du listage des séquences :

- ☐ contenu dans la demande internationale, sous forme écrite.
- ☐ déposé avec la demande internationale, sous forme déchiffrable par ordinateur.
- ☐ remis ultérieurement à l'administration, sous forme écrite.
- ☐ remis ultérieurement à l'administration, sous forme déchiffrable par ordinateur.
- ☐ La déclaration, selon laquelle le listage des séquences par écrit et fourni ultérieurement ne va pas au-delà de la divulgation faite dans la demande telle que déposée, a été fournie.
- ☐ La déclaration, selon laquelle les informations enregistrées sous déchiffrable par ordinateur sont identiques à celles du listage des séquences Présenté par écrit, a été fournie.

(7)

THIS PAGE BLANK (USPTO)

**RAPPORT D'EXAMEN
PRÉLIMINAIRE INTERNATIONAL**

Demande internationale n° PCT/FR00/01297

4. Les modifications ont entraîné l'annulation :

- ☐ de la description, pages :
- ☐ des revendications, n°s :
- ☐ des dessins, feuilles :

5. ☐ Le présent rapport a été formulé abstraction faite (de certaines) des modifications, qui ont été considérées comme allant au-delà de l'exposé de l'invention tel qu'il a été déposé, comme il est indiqué ci-après (règle 70.2(c)) :

(Toute feuille de remplacement comportant des modifications de cette nature doit être indiquée au point 1 et annexée au présent rapport)

6. Observations complémentaires, le cas échéant :

V. Déclaration motivée selon l'article 35(2) quant à la nouveauté, l'activité inventive et la possibilité d'application industrielle; citations et explications à l'appui de cette déclaration

1. Déclaration

Nouveauté	Oui : Revendications 1-18
	Non : Revendications -
Activité inventive	Oui : Revendications 1-18
	Non : Revendications -
Possibilité d'application industrielle	Oui : Revendications 1-18
	Non : Revendications -

2. Citations et explications
voir feuille séparée

VI. Certain documents cités

1. Certains documents publiés (règle 70.10)
et / ou

2. Divulgations non écrites (règle 70.9)

voir feuille séparée

VII. Irrégularités dans la demande internationale

Les irrégularités suivantes, concernant la forme ou le contenu de la demande internationale, ont été constatées :
voir feuille séparée

VIII. Observations relatives à la demande internationale

())



THIS PAGE BLANK (USPTO)

**RAPPORT D'EXAMEN
PRÉLIMINAIRE INTERNATIONAL**

Demande internationale n° PCT/FR00/01297

Les observations suivantes sont faites au sujet de la clarté des revendications, de la description et des dessins
et de la question de savoir si les revendications se fondent entièrement sur la description :
voir feuille séparée

THIS PAGE BLANK (USPTO)

Concernant le point I

Base du rapport

Les modifications déposées avec la lettre du 26 avril 2001 conduisent à étendre l'objet de la demande au-delà du contenu de la demande telle qu'elle a été déposée et vont donc à l'encontre des dispositions de l'article 34(2) b) PCT:

1) Dans la **revendication 1** et à la page 3, le terme "l'anode" dans la phrase "l'anode présentant au moins une jonction ..." ne se fonde pas sur la demande telle que déposée. Il semble que cette caractéristique se réfère à "la cathode" et non à "l'anode".

Ce rapport est donc établi comme si le terme "la cathode" avait été utilisé au lieu de "l'anode" dans cette phrase, règle 70.2 (c) PCT.

2) Dans les **revendications 1 et 6** et à la page 3, la caractéristique "potentiel de surface comprise entre 0.05 et 1 eV" ne se fonde pas sur la demande telle que déposée. Selon la page 6, c'est la jonction Schottky (9) qui possède une hauteur de potentiel entre 0.05 et 1 eV.

(voir aussi point VIII, 1 ci-dessous)

3) Sur les pages 2 et 5, les valeurs en Pa ne se fondent pas sur la correspondance exacte de 1 Torr = 133,3 Pa, et ne se fondent pas non plus sur la demande telle que déposée.

Ce rapport est donc établi comme si les modifications mentionnées sous les points 2 et 3 ci-dessus n'avaient pas été faites, règle 70.2 (c) PCT.

Concernant le point V

Déclaration motivée selon l'article 35(2) quant à la nouveauté, l'activité inventive et la possibilité d'application industrielle; citations et explications à l'appui de cette déclaration

1) La présente notification fait mention des documents suivants:

THIS PAGE BLANK (USPTO)

- D1: WO 98 06135 A (PHILIPS ELECTRONICS NV ;PHILIPS NORDEN AB (SE))
12 février 1998 (1998-02-12) cité dans la demande
- D2: PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 018, no. 167 (E-1528), 22 mars 1994
(1994-03-22) & JP 05 342983 A (SAAMOBONITSUKU:KK;OTHERS: 01), 24
décembre 1993 (1993-12-24)

2) Le document **D1** décrit (voir Fig. 1-5, pages 5-8) un dispositif et un procédé pour extraire dans le vide, des électrons émis à partir d'une cathode 50 située à distance d'une anode 100 placée à un potentiel donné par rapport à la cathode à l'aide d'une source de polarisation, comportant:

- une cathode d'émission 50 comportant au moins une jonction entre un métal 14 (Cr; page 8 ligne 23) et un semi-conducteur 10 (par exemple Si, page 5 ligne 9) de type n (voir page 5 lignes 16 et 27), possédant une hauteur de barrière de potentiel Φ_B d'environ 0.85 eV (page 8 ligne 24 et Fig. 3), le potentiel de surface étant de quelques dixièmes d'eV (voir Fig. 3: le potentiel de surface, à droite de "N_g", est du même ordre de grandeur que Φ_B), le semi-conducteur de type n présentant une surface d'émission pour les électrons et possédant une épaisseur d'environ 100 nm
- et une source de polarisation (voir page 5 ligne 29 et la suite) créant un champ électrique (nécessairement aussi dans le vide) assurant l'injection des électrons à travers la jonction métal - semi-conducteur et créant, dans le semi-conducteur 10 une charge d'espace suffisante pour abaisser la barrière Φ_B de potentiel de surface du semi-conducteur jusqu'à une valeur inférieure ou égale à 1 eV par rapport au niveau de Fermi du métal (voir Fig. 4: la valeur de ≤ 1 eV est implicite, parce-que déjà sans champ électrique extérieur, Φ_B est nettement inférieure au band-gap de, par exemple, 1.1 eV pour Si). D'autre part, la source de polarisation règle l'émission des électrons (voir page 5 ligne 29 et la suite), et donc nécessairement aussi la hauteur de la barrière de potentiel et l'affinité électronique de la surface du semi-conducteur de type n.

L'objet des revendications 1 et 6 diffère du procédé et du dispositif décrits dans le document D1 en ce que l'épaisseur du semi-conducteur est comprise entre 1 et 20 nm.

3) Le document **D2** (voir abrégé) divulgue également toutes les caractéristiques des revendications 1 et 6 sauf que l'épaisseur du semi-conducteur est entre 1 et 20 nm.

THIS PAGE BLANK (USPTO)

L'objet des revendications 1 et 6 est donc nouveau (Article 33(2) PCT).

4) Le problème à résoudre est de trouver une technique permettant d'extraire des électrons à faible température et à faible champ électrique (page 2 lignes 22-26).

La faible épaisseur du semi-conducteur selon les revendications 1 et 6 aide à atteindre ce but en permettant l'abaissement de la barrière de potentiel de surface (Fig. 2, 4; page 6 lignes 15-16).

Cette caractéristique n'étant ni décrite dans ni suggérée par les documents cités dans le rapport de recherche internationale et donc non évidente pour l'homme du métier, l'objet des revendications 1 et 6 implique une activité inventive telle que définie dans l'Article 33(3) PCT.

5) La cathode d'émission selon la revendication 8 ainsi que son application (revendications 17 et 18) diffèrent de l'art antérieur en la même caractéristique que les revendications 1 et 6, et satisfont donc également aux critères de l'Article 33(1) PCT.

6) Les revendications dépendantes constituent des modes de réalisation de l'invention et de ce fait satisfont également aux critères de l'Article 33(1) PCT.

Concernant le point VI

Certains documents cités

Certains documents publiés (règle 70.10)

Demande n° Brevet n°	Date de publication (jour/mois/année)	Date de dépôt (jour/mois/année)	Date de priorité (valablement revendiquée) (jour/mois/année)
EP 0959485 A	24.11.1999	18.05.1998	18.05.1998

Concernant le point VII

Irrégularités dans la demande internationale

THIS PAGE BLANK (USPTO)

Les revendications indépendantes sont rédigées en deux parties. Toutefois, la forme présente de ces revendications n'est pas correcte car des caractéristiques de la partie caractérisante sont divulguées dans l'art antérieur (D1, ou D2; voir point V ci-dessus) en combinaison avec les caractéristiques énoncées dans le préambule (règle 6.3 b) PCT).

Concernant le point VIII

Observations relatives à la demande internationale

1) Dans la **revendication 1**, la phrase "la jonction métal/semi-conducteur possédant une hauteur de barrière de potentiel de surface ..." n'est pas claire car elle contient une contradiction:

En effet, la jonction 9 métal/semi-conducteur (ayant une hauteur de barrière de potentiel d'entre 0.05 et 1 eV, page 6) n'a pas de surface libre, et est bien différent de la surface 11 du semi-conducteur 8 (ayant une barrière de potentiel de surface V_p , page 7; voir aussi Fig. 1).

Pour la même raison, il doit être clarifié dans la **revendication 6** que c'est le semi-conducteur (8) et pas seulement la cathode qui possède une hauteur de barrière de potentiel de surface.

(voir aussi le point I, 2 ci-dessus)

2) Il ressort clairement de la description (page 27 lignes 27-28) ainsi que de la lettre de réponse (page 2, quatre derniers paragraphes) que la caractéristique suivante est essentielle à la définition de l'invention:

- c'est le champ électrique variable créé dans le vide par la source de polarisation (5) qui permet de moduler la barrière de potentiel de surface (V_p).

Les **revendications indépendantes 1 et 6** ne contenant pas cette caractéristique (dans la revendication 6, le participe "permettant" ne se réfère pas clairement au "champ"), elles ne remplissent pas la condition visée à l'article 6 PCT en combinaison

THIS PAGE BLANK (USPTO)

avec la règle 6.3 b) PCT, qui prévoient qu'une revendication indépendante doit contenir toutes les caractéristiques techniques essentielles à la définition de l'invention.

3) La formulation utilisée à la fin de la description (page 18) semble indiquer que l'objet de la protection est différent de celui qui a été défini dans les revendications. Il en résulte un manque de clarté (article 6 PCT) lorsque les revendications sont interprétées à la lumière de la description (voir les Directives PCT, III-4.3a).

THIS PAGE BLANK (USPTO)

l'émission des électrons à une température dite froide (300 K ou moins). Un inconvénient de cette technique réside dans la nécessité de mettre en oeuvre un vide important (10^{-8} Pa ou 10^{-10} Torr) pour permettre de stabiliser le courant d'émission des électrons. Par ailleurs, pour obtenir un champ électrique intense, la cathode doit
5 présenter nécessairement une géométrie en forme de pointe dont la réalisation pratique de réseaux de pointes pose des problèmes relativement importants. De plus, cette technique ne permet pas d'obtenir une émission uniforme des électrons à partir d'une surface plane.

Il est également connu par le document WO 98/06 135, un dispositif
10 d'extraction d'électrons comportant une cathode située en relation de distance d'une anode. La cathode est constituée d'un film semi-conducteur délimitant une surface d'émission pour les électrons et supportée par une électrode d'injection. La surface d'émission comporte une électrode frontale permettant d'assurer la polarisation de l'électrode d'injection, en vue de déterminer le potentiel de surface du film semi-
15 conducteur. Le contrôle de cette tension de polarisation permet d'extraire les électrons de la cathode et de réguler l'émission du flux d'électrons vers l'anode.

Il est à noter que l'émission des électrons est due à un phénomène thermoionique dans la mesure où les électrons sont excités par l'apport énergétique provenant des électrons injectés par l'électrode d'injection. De plus, la géométrie de
20 cette cathode nécessite la mise en oeuvre de moyens techniques dont la réalisation pratique est délicate.

Le document JP 05 342983 décrit, également, une cathode d'émission d'électrons comportant une anode métallique supportée par une couche isolante déposée sur un semi-conducteur de type n présentant des pointes d'émission dans les
25 zones d'ouvertures de l'anode. Le flux d'électrons est contrôlé à l'aide de l'anode grille. L'émission des électrons est du type à effet de champ conventionnel. Cette cathode d'émission ne permet pas d'extraire les électrons avec un faible champ électrique et nécessite la présence de pointes d'émission.

L'analyse des techniques antérieures connues conduit à constater qu'il
30 apparaît le besoin de disposer d'une technique permettant d'extraire des électrons, à faible température et à faible champ électrique, dans un vide à faible pression (à partir de 10^{-2} Pa ou de 10^{-4} Torr), selon une surface d'émission localisée ou uniforme et ne présentant pas de problèmes particuliers de réalisation pratique.

THIS PAGE BLANK (USPTO)

EXPOSE DE L'INVENTION :

L'objet de l'invention vise à satisfaire ce besoin en proposant un procédé
5 permettant de répondre aux différents objectifs énoncés ci-dessus.

Conformément à l'invention, le procédé permet d'extraire dans le vide, des
électrons émis à partir d'une cathode située en relation de distance d'une anode qui
est placée à un potentiel donné par rapport à la cathode, à l'aide d'une source de
polarisation, l'anode présentant au moins une jonction entre un métal servant de
10 réservoir d'électrons et un semi-conducteur de type n, présentant une surface
d'émission pour les électrons. Selon l'invention, le procédé consiste :

- à réaliser la cathode avec un semi-conducteur dont l'épaisseur est
comprise entre 1 et 20 nm, pour abaisser à une valeur déterminée la
barrière de potentiel de surface, la jonction métal/semi-conducteur
15 possédant une hauteur de barrière de potentiel de surface comprise
entre 0,05 et 1 eV,
- à assurer l'injection des électrons à travers la jonction métal - semi-
conducteur pour créer, dans le semi-conducteur une charge
d'espace suffisante pour abaisser la barrière de potentiel de surface
20 du semi-conducteur jusqu'à une valeur inférieure ou égale à 1 eV
par rapport au niveau de Fermi du métal,
- et à contrôler à l'aide de la source de polarisation créant un champ
électrique dans le vide, la hauteur de la barrière de potentiel de
surface du semi-conducteur de type n, de manière à modifier de
25 façon réversible, l'affinité électronique de la surface du semi-
conducteur de type n, en vue de réguler l'émission vers l'anode du
flux d'électrons.

L'objet de l'invention vise également à proposer un dispositif pour extraire
dans le vide, des électrons émis à partir d'une cathode située à distance d'au moins
30 une anode placée à un potentiel donné par rapport à la cathode à l'aide d'une source
de polarisation, la cathode présentant au moins une jonction entre un métal et un
semi-conducteur de type n présentant une surface d'émission pour les électrons.

THIS PAGE BLANK (USPTO)

Selon l'invention :

- 5 - la cathode d'émission possède une hauteur de barrière de potentiel de surface comprise entre 0,05 et 1 eV et le semi-conducteur de type n possède une épaisseur comprise entre 1 et 20 nm pour abaisser à une valeur déterminée la barrière de potentiel de surface,
- 10 - et la source de polarisation crée un champ électrique dans le vide permettant, d'une part, d'assurer l'injection des électrons à travers la jonction) métal - semi-conducteur pour créer, dans le semi-conducteur, une charge d'espace suffisante pour abaisser la barrière de potentiel de surface du semi-conducteur jusqu'à une valeur inférieure ou égale à 1 eV par rapport au niveau de Fermi du métal et, d'autre part, de régler la hauteur de la barrière de potentiel de surface du semi-conducteur de type n, c'est-à-dire de modifier de façon réversible l'affinité électronique de la surface du semi-
- 15 - conducteur de type n, en vue de régler l'émission du flux d'électrons.

Un autre objet de l'invention est d'offrir une nouvelle cathode d'émission d'électrons pour un dispositif d'extraction dans le vide comportant :

- 20 - une première partie formant réservoir d'électrons et formée par au moins une couche métallique,
- et une deuxième partie formant milieu de conduction pour les électrons injectés dans la couche métallique et formée par un semi-conducteur de type n, définissant avec la couche métallique, une
- 25 - jonction métal - semi-conducteur possédant une hauteur de barrière de potentiel comprise entre 0,05 et 1 eV, le semi-conducteur de type n, présentant une surface d'émission pour les électrons, et possédant une épaisseur comprise entre 1 et 20 nm pour abaisser à une valeur déterminée la barrière de potentiel de surface.

30 Diverses autres caractéristiques ressortent de la description faite ci-dessous en référence aux dessins annexés qui montrent, à titre d'exemples non limitatifs, des formes de réalisation et de mise en oeuvre de l'objet de l'invention.

THIS PAGE BLANK (USPTO)

BREVE DESCRIPTION DES DESSINS :

La fig. 1 est un schéma de principe illustrant un dispositif d'extraction des électrons dans le vide, conforme à l'invention.

La fig. 2 est un diagramme des bandes d'énergie, lorsque le métal est
5 initialement séparé du semi-conducteur, permettant d'expliciter le principe de l'invention.

La fig. 2bis est un diagramme des bandes d'énergie E (eV) de la cathode en fonction de la position x prise dans la direction cathode-anode.

Les fig. 3, 4 et 5 sont des diagrammes schématiques des bandes d'énergie de la
10 cathode obtenues selon trois phases caractéristiques du procédé selon l'invention.

La fig. 6 est une courbe illustrant la variation du courant obtenu en fonction de l'application de la tension de polarisation.

La fig. 7 est un schéma illustrant l'évolution du courant d'émission obtenu en fonction du temps, pour différentes valeurs de la tension de polarisation.

Les fig. 8, 9 et 10 illustrent différentes variantes de réalisation d'une cathode
15 plane permettant la mise en oeuvre du procédé selon l'invention.

MEILLEURE MANIERE DE REALISER L'INVENTION :

Tel que cela ressort de la fig. 1, l'objet de l'invention concerne un dispositif 1
20 permettant d'extraire des électrons dans le vide, comportant une cathode d'émission 2 située à distance d'au moins une anode 3 qui, dans l'exemple illustré, constitue une anode de réception des électrons émis par la cathode 2. La cathode 2 et l'anode 3 définissent entre elles un volume 4 dans lequel règne un vide (10^{-2} à 10^{-8} Pa ou 10^{-4} à 10^{-8} Torr) ou l'ultra-vide (10^{-6} à 10^{-10} Pa ou 10^{-8} à 10^{-12} Torr). Le dispositif d'extraction 1
25 comporte également une source de polarisation 5 permettant de placer la cathode 2 à un potentiel donné par rapport à l'anode 3. La réalisation pratique du dispositif d'extraction 1 n'est pas décrite plus précisément dans la suite de la description, dans la mesure où elle est bien connue de l'état de la technique.

Conformément à l'invention, le dispositif d'extraction 1 comporte une cathode
30 d'émission 2 comportant une première partie 7 formant un réservoir d'électrons et constituée par au moins une couche métallique. La cathode d'émission 2 comporte

THIS PAGE BLANK (USPTO)

rapport à la valeur du champ électrique F créé dans le vide à l'aide de la source de polarisation 5, illustrés plus particulièrement aux fig. 3 à 5.

La fig. 3 illustre un premier comportement de la cathode 2 pour laquelle la tension appliquée par la source de polarisation 5 est inférieure à une valeur de seuil V_s , à partir de laquelle il peut être mesuré un courant d'électrons. Pour cette valeur de tension, il est appliqué un champ électrique F conduisant à un premier abaissement a_1 de la hauteur de la barrière de potentiel de surface résultant de la courbure de bande due à la pénétration du champ électrique F et à la création d'une charge d'espace Q suite à l'injection des électrons du métal 7 dans le semi-conducteur 8. Il est obtenu également un abaissement a_2 de la hauteur de la barrière de potentiel de surface du semi-conducteur en raison de l'effet Schottky. Il est à noter que la présence du champ électrique F conduit également à une déformation de la barrière du potentiel de surface du semi-conducteur 8. Dans l'exemple illustré à la fig. 3, l'abaissement du potentiel total ($a_1 + a_2$) de la barrière de potentiel de surface V_p du semi-conducteur, obtenu par un champ électrique donné correspondant à une tension faible et inférieure à la tension de seuil V_s , n'est pas suffisante pour permettre l'émission d'électrons. La barrière de potentiel de surface V_p est donc trop haute pour permettre l'émission d'électrons dans le vide 4. Les électrons injectés à travers la jonction électronique 9 se trouve piégés à l'intérieur du semi-conducteur 8. Il doit être considéré que la hauteur de la barrière de potentiel de surface du semi-conducteur de type n, est supérieure au niveau des états occupés par les électrons dans le semi-conducteur 8. La fig. 6 montre dans la partie A de la courbe de courant I en fonction du potentiel V de la source 5, la caractéristique de courant obtenu selon cette première phase de fonctionnement.

La fig. 4 illustre un deuxième comportement caractéristique de la cathode 2 pour une tension de polarisation appliquée, supérieure à la tension de seuil V_s . Le champ électrique F ainsi créé est tel que la hauteur de la barrière de potentiel de surface V_p du semi-conducteur 8 est sensiblement égale au niveau des états occupés par les électrons dans le semi-conducteur. L'abaissement ($a_1 + a_2$) de la hauteur de la barrière de potentiel de surface V_p du semi-conducteur est alors suffisant pour permettre la sortie par effet tunnel, des électrons. Il est ainsi obtenu une surface d'émission 11 à faible affinité électronique résultant de la présence de la charge d'espace Q et de la pénétration du champ

THIS PAGE BLANK (USPTO)

REVENDECATIONS :

1 - Procédé pour extraire dans le vide (4), des électrons émis à partir d'une cathode (2) située en relation de distance d'une anode (3) qui est placée à un potentiel donné par rapport à la cathode, à l'aide d'une source de polarisation (5), l'anode (2) présentant au moins une jonction (9) entre un métal (7) servant de réservoir d'électrons et un semi-conducteur (8) de type n, présentant une surface d'émission (11) pour les électrons, caractérisé en ce qu'il consiste :

- à réaliser la cathode (2) avec un semi-conducteur (8) dont l'épaisseur est comprise entre 1 et 20 nm, pour abaisser à une valeur déterminée la barrière de potentiel de surface, la jonction (9) métal/semi-conducteur possédant une hauteur de barrière de potentiel de surface comprise entre 0,05 et 1 eV,
- à assurer l'injection des électrons à travers la jonction (9) métal - semi-conducteur pour créer, dans le semi-conducteur (8) une charge d'espace (Q) suffisante pour abaisser la barrière de potentiel de surface du semi-conducteur jusqu'à une valeur inférieure ou égale à 1 eV par rapport au niveau de Fermi du métal (7),
- et à contrôler à l'aide de la source de polarisation (5) créant un champ électrique dans le vide (4), la hauteur de la barrière de potentiel de surface (V_p) du semi-conducteur de type n, de manière à modifier de façon réversible, l'affinité électronique de la surface du semi-conducteur de type n, en vue de réguler l'émission vers l'anode du flux d'électrons.

2 - Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'il consiste à régler la source de polarisation (5), en vue de créer un champ électrique adapté de manière que la hauteur de la barrière de potentiel de surface (V_p) du semi-conducteur de type n soit supérieure au niveau des états occupés par les électrons dans le semi-conducteur de type n, en vue d'obtenir une surface d'émission n'émettant pas d'électrons.

3 - Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'il consiste à régler la source de polarisation (5), en vue de créer un champ électrique adapté de manière que la hauteur de la barrière de potentiel de surface (V_p) du semi-conducteur de type n soit sensiblement égale au niveau des états occupés par les électrons dans le semi-

THIS PAGE BLANK (USPTO)

conducteur du type n, en vue d'obtenir une surface d'émission à faible affinité électronique.

4 - Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'il consiste à régler la source de polarisation (5), en vue de créer un champ électrique adapté de manière que la hauteur de la barrière de potentiel de surface du semi-conducteur de type n soit inférieure au niveau des états occupés par les électrons dans le semi-conducteur de type n, en vue d'obtenir une surface d'émission à affinité électronique négative.

5 - Procédé selon l'une des revendications 1, 3 ou 4, caractérisé en ce qu'il consiste à assurer le contrôle de la température de la cathode (2), afin de régler le flux du faisceau d'électrons émis.

6 - Dispositif pour extraire dans le vide (4), des électrons émis à partir d'une cathode (2) située à distance d'au moins une anode (3) placée à un potentiel donné par rapport à la cathode à l'aide d'une source de polarisation (5), la cathode (2) présentant au moins une jonction (9) entre un métal (7) et un semi-conducteur (8) de type n présentant une surface d'émission (11) pour les électrons, caractérisé en ce que :

- la cathode d'émission (2) possède une hauteur de barrière de potentiel de surface comprise entre 0,05 et 1 eV et le semi-conducteur (8) de type n possède une épaisseur comprise entre 1 et 20 nm pour abaisser à une valeur déterminée la barrière de potentiel de surface,
- et la source de polarisation (5) crée un champ électrique dans le vide (4) permettant, d'une part, d'assurer l'injection des électrons à travers la jonction (9) métal - semi-conducteur pour créer, dans le semi-conducteur (8), une charge d'espace (Q) suffisante pour abaisser la barrière de potentiel de surface du semi-conducteur jusqu'à une valeur inférieure ou égale à 1 eV par rapport au niveau de Fermi du métal (7) et, d'autre part, de régler la hauteur de la barrière de potentiel de surface du semi-conducteur de type n, c'est-à-dire de modifier de façon réversible l'affinité électronique de la surface du semi-conducteur de type n, en vue de régler l'émission du flux d'électrons.

THIS PAGE BLANK (USPTO)

7- Dispositif selon la revendication 6, caractérisé en ce qu'il comporte une électrode d'extraction des électrons suivie d'une anode de réception des électrons extraits.

8 - Cathode d'émission d'électrons pour un dispositif d'extraction dans le vide
5 d'un faisceau d'électrons, conforme à la revendication 6 ou 7, caractérisée en ce qu'elle comporte :

- une première partie formant réservoir d'électrons et formée par au moins une couche métallique (7),
- et une deuxième partie formant milieu de conduction pour les
10 électrons injectés dans la couche métallique et formée par un semi-conducteur (8) de type n, définissant avec la couche métallique, une jonction (9) métal - semi-conducteur possédant une hauteur de barrière de potentiel comprise entre 0,05 et 1 eV, le semi-conducteur de type n, présentant une surface d'émission (11) pour les électrons,
15 et possédant une épaisseur comprise entre 1 et 20 nm pour abaisser à une valeur déterminée la barrière de potentiel de surface.

9 - Cathode d'émission selon la revendication 8, caractérisée en ce que la jonction électronique possède une hauteur de barrière de potentiel comprise entre 0,05 eV et 0,5 eV et, de préférence, de l'ordre de 0,1 eV.

20 10 - Cathode selon la revendication 8, caractérisée en ce que la première partie formant réservoir d'électrons est formée par une couche métallique (7) portée par un substrat (13) métallique, semi-conducteur ou isolant.

11 - Cathode selon la revendication 8, caractérisée en ce que le semi-conducteur (8) de type n possède une surface d'émission (11) pour les électrons,
25 sensiblement plane.

12 - Cathode selon la revendication 8, caractérisée en ce que le semi-conducteur (8) de type n, possède une surface d'émission (11) pour les électrons, présentant des protubérances (14, 15) permettant une émission confinée des électrons en regard de chacune d'entre elles.

30 13 - Cathode selon la revendication 11, caractérisée en ce que le semi-conducteur (8) de type n, possède une surface d'émission (11) pour les électrons

THIS PAGE BLANK (USPTO)

présentant des protubérances (14) réalisées par des techniques de lithographie en des endroits déterminés.

14 - Cathode selon la revendication 11, caractérisée en ce que le semi-conducteur (8) de type n, possède une surface d'émission pour les électrons présentant
5 des protubérances (15) en forme de pointe, obtenues par un bombardement ionique de la couche métallique déposée sur un substrat isolant.

15 - Cathode selon la revendication 8, caractérisée en ce que la première partie formant réservoir d'électrons est formée par une couche métallique (7) portée par un substrat semi-conducteur dans lequel sont aménagés des composants actifs pour
10 contrôler localement l'émission des électrons.

16 - Cathode selon la revendication 10, caractérisée en ce que le substrat (13) possède une géométrie de pointe individuelle ou en tête d'épingle pour des canons à électrons individuels.

17 - Application d'une cathode selon l'une des revendications 10 à 15, à la
15 production de faisceaux d'électrons parallèles et uniformes pour la lithographie électronique à projection.

18 - Application d'une cathode selon l'une des revendications 10 à 15, à la production de faisceaux d'électrons parallèles dont l'intensité est modulée localement pour chaque pixel d'un écran plat.

THIS PAGE BLANK (USPTO)



DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIEE EN VERTU DU TRAITE DE COOPERATION EN MATIERE DE BREVETS (PCT)

(51) Classification internationale des brevets ⁷ : H01J 1/30	(11) Numéro de publication internationale: WO 00/70638
A1	(43) Date de publication internationale: 23 novembre 2000 (23.11.00)

(21) Numéro de la demande internationale: PCT/FR00/01297

(22) Date de dépôt international: 12 mai 2000 (12.05.00)

(30) Données relatives à la priorité:
99/06254 12 mai 1999 (12.05.99) FR(71) Déposant (pour tous les Etats désignés sauf US): UNIVERSITE
CLAUDE BERNARD LYON I [FR/FR]; 43, boulevard du
11 Novembre 1918, F-69622 Villeurbanne Cedex (FR).

(72) Inventeurs; et

(75) Inventeurs/Déposants (US seulement): VU THIEN, Binh
[FR/FR]; 19, rue des 3 Pierres, F-69007 Lyon (FR).
DUPIN, Jean-Pierre [FR/FR]; 8, rue Jules Kumer, F-69100
Villeurbanne (FR). THEVENARD, Paul [FR/FR]; 9, rue
Guyot, F-69300 Caluire (FR).(74) Mandataire: THIBAULT, Jean-Marc; Cabinet Beau de
Loménie, 51, avenue Jean Jaurès, Boîte postale 7073,
F-69301 Lyon Cedex 07 (FR).(81) Etats désignés: AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG,
BR, BY, CA, CH, CN, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EE,
ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP,
KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA,
MD, MG, MK, MN, MW, MX, NO, NZ, PL, PT, RO, RU,
SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TR, TT, TZ, UA, UG,
US, UZ, VN, YU, ZA, ZW, brevet ARIPO (GH, GM, KE,
LS, MW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZW), brevet eurasién (AM,
AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), brevet européen (AT,
BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU,
MC, NL, PT, SE), brevet OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM,
GA, GN, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Publiée

Avec rapport de recherche internationale.

(54) Title: METHOD AND DEVICE FOR EXTRACTION OF ELECTRODES IN A VACUUM AND EMISSION CATHODES FOR SAID DEVICE

(54) Titre: PROCEDE ET DISPOSITIF POUR EXTRAIRE DES ELECTRONS DANS LE VIDE ET CATHODES D'EMISSION POUR UN TEL DISPOSITIF

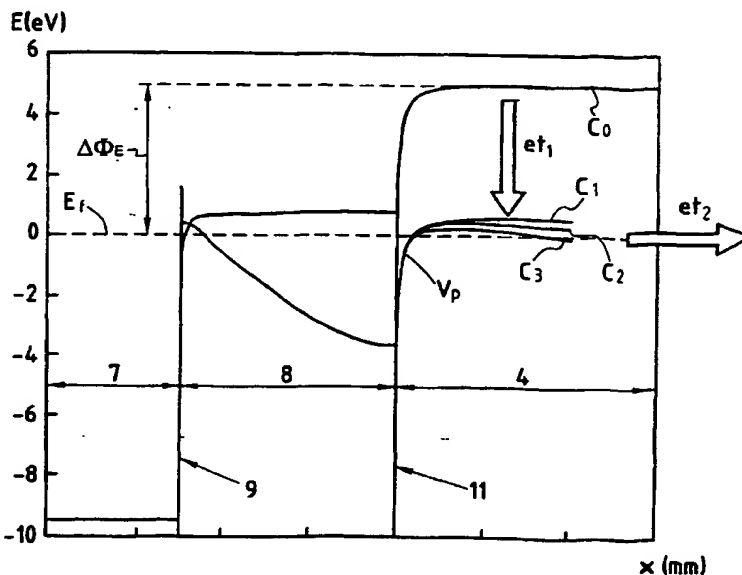
(57) Abstract

The inventive method for extracting electrons in a vacuum consists in the following: creation of a cathode which comprises at least one junction (9) between a metal (7) which is used as an electron reservoir and an n-type semiconductor (8), possessing a surface potential barrier which has a height which is measured in tenths of electron volts and having a thickness ranging from 1-20 nm; the electrons are injected via the metal-semiconductor junction (9) in order to create a charge which has enough space to reduce the semiconductor surface potential barrier to a value which is lower than or equal to 1 eV in relation to the Fermi level of the metal (7); the height of the n-type semiconductor surface potential barrier (V_p) is controlled with the aid of the polarization source creating an electric field in a vacuum in order to regulate emission of the electron flow to the anode.

(57) Abrégé

Selon l'invention, le procédé pour extraire dans le vide des électrons consiste : à réaliser une cathode présentant au moins une jonction (9) entre un métal

(7) servant de réservoir d'électrons et un semi-conducteur (8) de type n, possédant une hauteur de barrière de potentiel de surface de quelques dixièmes d'électrons volts, et présentant une épaisseur comprise entre 1 et 20 nm, à assurer l'injection des électrons à travers la jonction (9) métal - semi-conducteur pour créer, dans le semi-conducteur (8) une charge d'espace suffisante pour abaisser la barrière de potentiel de surface du semi-conducteur jusqu'à une valeur inférieure ou égale à 1 eV par rapport au niveau de Fermi du métal (7), et à contrôler à l'aide de la source de polarisation créant un champ électrique dans le vide, la hauteur de la barrière de potentiel de surface (V_p) du semi-conducteur de type n, en vue de réguler l'émission vers l'anode du flux d'électrons.



UNIQUEMENT A TITRE D'INFORMATION

Codes utilisés pour identifier les Etats parties au PCT, sur les pages de couverture des brochures publiant des demandes internationales en vertu du PCT.

AL	Albanie	ES	Espagne	LS	Lesotho	SI	Slovénie
AM	Arménie	FI	Finlande	LT	Lituanie	SK	Slovaquie
AT	Autriche	FR	France	LU	Luxembourg	SN	Sénégal
AU	Australie	GA	Gabon	LV	Lettonie	SZ	Swaziland
AZ	Azerbaïdjan	GB	Royaume-Uni	MC	Monaco	TD	Tchad
BA	Bosnie-Herzégovine	GE	Géorgie	MD	République de Moldova	TG	Togo
BB	Barbade	GH	Ghana	MG	Madagascar	TJ	Tadjikistan
BE	Belgique	GN	Guinée	MK	Ex-République yougoslave de Macédoine	TM	Turkménistan
BF	Burkina Faso	GR	Grèce	ML	Mali	TR	Turquie
BG	Bulgarie	HU	Hongrie	MN	Mongolie	TT	Trinité-et-Tobago
BJ	Bénin	IE	Irlande	MR	Mauritanie	UA	Ukraine
BR	Bésil	IL	Israël	MW	Malawi	UG	Ouganda
BY	Bélarus	IS	Islande	MX	Mexique	US	Etats-Unis d'Amérique
CA	Canada	IT	Italie	NE	Niger	UZ	Ouzbékistan
CF	République centrafricaine	JP	Japon	NL	Pays-Bas	VN	Viet Nam
CG	Congo	KE	Kenya	NO	Norvège	YU	Yougoslavie
CH	Suisse	KG	Kirghizistan	NZ	Nouvelle-Zélande	ZW	Zimbabwe
CI	Côte d'Ivoire	KP	République populaire démocratique de Corée	PL	Pologne		
CM	Cameroun	KR	République de Corée	PT	Portugal		
CN	Chine	KZ	Kazakstan	RO	Roumanie		
CU	Cuba	LC	Sainte-Lucie	RU	Fédération de Russie		
CZ	République tchèque	LI	Liechtenstein	SD	Soudan		
DE	Allemagne	LK	Sri Lanka	SE	Suède		
DK	Danemark	LR	Libéria	SG	Singapour		
EE	Estonie						

PROCEDE ET DISPOSITIF POUR EXTRAIRE DES ELECTRONS DANS LE VIDE ET CATHODES D'EMISSION POUR UN TEL DISPOSITIF

DOMAINE TECHNIQUE :

5

La présente invention concerne le domaine de l'émission d'électrons dans le vide, à partir d'une cathode au sens général.

L'objet de l'invention vise ainsi le domaine des sources d'électrons au sens général, adaptées pour être utilisées dans des dispositifs électroniques ou pour
10 permettre, notamment, la réalisation d'écrans plats.

TECHNIQUE ANTERIEURE :

D'une manière classique, un dispositif d'extraction d'électrons comporte une
15 cathode d'émission et une anode situées à distance l'une de l'autre et entre lesquelles règne un vide ou un ultra-vide. L'anode et la cathode sont reliées entre elles à l'aide d'une source de polarisation permettant de les placer à un potentiel relatif donné.

En vue d'obtenir l'émission dans le vide d'un flux constant d'électrons à partir de la cathode, il est nécessaire d'extraire les électrons du potentiel dans lequel ils se
20 trouvent piégés dans le matériau de la cathode. L'extraction des électrons de la cathode peut être obtenue par une technique de chauffage de la cathode, en vue d'élever l'énergie des électrons à une valeur dépassant le travail de sortie qui ne dépend que de l'état de la surface de la cathode. Cette technique connue sous le nom d'émission thermoïonique, possède l'inconvénient de placer la cathode à haute
25 température (2700 K dans le cas d'une cathode en tungstène par exemple) et, par suite, de présenter une consommation d'énergie et une dissipation de chaleur relativement importantes. Par ailleurs, cette technique d'émission thermoïonique des électrons ne permet pas d'obtenir des sites localisés d'émission des électrons.

Il est connu, par ailleurs, une deuxième technique d'extraction des électrons
30 par déformation de la barrière de potentiel de surface de la cathode par un champ électrique intense. La hauteur de cette barrière de potentiel ne dépend que de l'état de la surface de la cathode. Cette technique appelée émission de champ, permet d'obtenir

l'émission des électrons à une température dite froide (300 K ou moins). Un inconvénient de cette technique réside dans la nécessité de mettre en oeuvre un vide important (10^{-10} Torr) pour permettre de stabiliser le courant d'émission des électrons. Par ailleurs, pour obtenir un champ électrique intense, la cathode doit présenter
5 nécessairement une géométrie en forme de pointe dont la réalisation pratique de réseaux de pointes pose des problèmes relativement importants. De plus, cette technique ne permet pas d'obtenir une émission uniforme des électrons à partir d'une surface plane.

Il est également connu par le document WO 98/06 135, un dispositif
10 d'extraction d'électrons comportant une cathode située en relation de distance d'une anode. La cathode est constituée d'un film semi-conducteur délimitant une surface d'émission pour les électrons et supportée par une électrode d'injection. La surface d'émission comporte une électrode frontale permettant d'assurer la polarisation de l'électrode d'injection, en vue de déterminer le potentiel de surface du film semi-
15 conducteur. Le contrôle de cette tension de polarisation permet d'extraire les électrons de la cathode et de réguler l'émission du flux d'électrons vers l'anode.

Il est à noter que l'émission des électrons est due à un phénomène thermoionique dans la mesure où les électrons sont excités par l'apport énergétique provenant des électrons injectés par l'électrode d'injection. De plus, la géométrie de
20 cette cathode nécessite la mise en oeuvre de moyens techniques dont la réalisation pratique est délicate.

L'analyse des techniques antérieures connues conduit à constater qu'il apparaît le besoin de disposer d'une technique permettant d'extraire des électrons, à faible température et à faible champ électrique, dans un vide à faible pression (à partir
25 de 10^{-4} Torr), selon une surface d'émission localisée ou uniforme et ne présentant pas de problèmes particuliers de réalisation pratique.

EXPOSE DE L'INVENTION :

30 L'objet de l'invention vise à satisfaire ce besoin en proposant un procédé permettant de répondre aux différents objectifs énoncés ci-dessus.

Conformément à l'invention vise un procédé pour extraire dans le vide des électrons émis à partir d'une cathode située en relation de distance d'une anode qui est placée à un potentiel donné par rapport à la cathode, à l'aide d'une source de polarisation. Selon l'invention, le procédé consiste :

- 5 - à réaliser une cathode présentant au moins une jonction entre un métal servant de réservoir d'électrons et un semi-conducteur de type n, présentant une surface d'émission pour les électrons, possédant une hauteur de barrière de potentiel de surface de quelques dixièmes d'électrons volts, et présentant une épaisseur comprise entre 1 et
10 20 nm définie par la valeur de l'abaissement souhaitée de la barrière de potentiel de surface,
- à assurer l'injection des électrons à travers la jonction métal - semi-conducteur pour créer, dans le semi-conducteur, une charge d'espace suffisante pour abaisser la barrière de potentiel de surface
15 du semi-conducteur jusqu'à une valeur inférieure ou égale à 1 eV par rapport au niveau de Fermi du métal,
- et à contrôler à l'aide de la source de polarisation créant un champ électrique dans le vide, la hauteur de la barrière de potentiel de surface du semi-conducteur de type n, de manière à modifier de
20 façon réversible, l'affinité électronique de la surface du semi-conducteur de type n, en vue de réguler l'émission vers l'anode du flux d'électrons.

L'objet de l'invention vise également à proposer un dispositif pour extraire dans le vide, des électrons émis à partir d'une cathode située à distance d'au moins une
25 anode placée à un potentiel donné par rapport à la cathode à l'aide d'une source de polarisation. Selon l'invention, le dispositif comporte :

- une cathode d'émission comportant au moins une jonction entre un métal et un semi-conducteur de type n, possédant une hauteur de barrière de potentiel de surface de quelques dixièmes d'électrons volts, le semi-conducteur de type n, présentant une surface
30 d'émission pour les électrons et possédant une épaisseur comprise

entre 1 et 20 nm, définie par la valeur de l'abaissement souhaitée de la barrière de potentiel de surface,

- et une source de polarisation créant un champ électrique dans le vide permettant, d'une part, d'assurer l'injection des électrons à travers la jonction métal - semi-conducteur pour créer, dans le semi-conducteur, une charge d'espace suffisante pour abaisser la barrière de potentiel de surface du semi-conducteur jusqu'à une valeur inférieure ou égale à 1 eV par rapport au niveau de Fermi du métal et, d'autre part, de régler la hauteur de la barrière de potentiel de surface du semi-conducteur de type n, c'est-à-dire de modifier de façon réversible l'affinité électronique de la surface du semi-conducteur du type n, en vue de régler l'émission du flux d'électrons.

Un autre objet de l'invention est d'offrir une nouvelle cathode d'émission d'électrons pour un dispositif d'extraction dans le vide comportant :

- une première partie formant réservoir d'électrons et formée par au moins une couche métallique,
- et une deuxième partie formant milieu de conduction pour les électrons injectés dans la couche métallique et formée par un semi-conducteur du type n, définissant avec la couche métallique, une jonction métal - semi-conducteur possédant une hauteur de barrière de potentiel de quelques dixièmes d'électrons volts, le semi-conducteur de type n, présentant une surface d'émission pour les électrons, et possédant une épaisseur comprise entre 1 et 20 nm définie par la valeur de l'abaissement souhaitée de la barrière de potentiel de surface.

Diverses autres caractéristiques ressortent de la description faite ci-dessous en référence aux dessins annexés qui montrent, à titre d'exemples non limitatifs, des formes de réalisation et de mise en oeuvre de l'objet de l'invention.

BREVE DESCRIPTION DES DESSINS :

La fig. 1 est un schéma de principe illustrant un dispositif d'extraction des électrons dans le vide, conforme à l'invention.

La fig. 2 est un diagramme des bandes d'énergie, lorsque le métal est initialement séparé du semi-conducteur, permettant d'explicitier le principe de l'invention.

La fig. 2bis est un diagramme des bandes d'énergie E (eV) de la cathode en fonction de la position x prise dans la direction cathode-anode.

Les fig. 3, 4 et 5 sont des diagrammes schématiques des bandes d'énergie de la cathode obtenues selon trois phases caractéristiques du procédé selon l'invention.

La fig. 6 est une courbe illustrant la variation du courant obtenu en fonction de l'application de la tension de polarisation.

La fig. 7 est un schéma illustrant l'évolution du courant d'émission obtenu en fonction du temps, pour différentes valeurs de la tension de polarisation.

Les fig. 8, 9 et 10 illustrent différentes variantes de réalisation d'une cathode plane permettant la mise en oeuvre du procédé selon l'invention.

MEILLEURE MANIERE DE REALISER L'INVENTION :

20

Tel que cela ressort de la fig. 1, l'objet de l'invention concerne un dispositif 1 permettant d'extraire des électrons dans le vide, comportant une cathode d'émission 2 située à distance d'au moins une anode 3 qui, dans l'exemple illustré, constitue une anode de réception des électrons émis par la cathode 2. La cathode 2 et l'anode 3 définissent entre elles un volume 4 dans lequel règne un vide (10^{-4} à 10^{-8} Torr) ou l'ultra-vide (10^{-8} à 10^{-12} Torr). Le dispositif d'extraction 1 comporte également une source de polarisation 5 permettant de placer la cathode 2 à un potentiel donné par rapport à l'anode 3. La réalisation pratique du dispositif d'extraction 1 n'est pas décrite plus précisément dans la suite de la description, dans la mesure où elle est bien connue de l'état de la technique.

30

Conformément à l'invention, le dispositif d'extraction 1 comporte une cathode d'émission 2 comportant une première partie 7 formant un réservoir d'électrons et constituée par au moins une couche métallique. La cathode d'émission 2 comporte

également une deuxième partie 8 formant un milieu de conduction pour les électrons injectés. Le milieu de conduction 8 est formé par un semi-conducteur de type n, définissant avec la couche métallique 7, une jonction électronique 9 métal - semi-conducteur (Schottky). Selon une caractéristique avantageuse de l'invention, cette
5 jonction Schottky 9 possède une hauteur de barrière de potentiel de quelques dixièmes d'électrons volts, c'est-à-dire comprise entre 0,05 et 1 eV et, de préférence, de l'ordre de 0,1 eV. Les caractéristiques de cette jonction Schottky imposent le choix du couple de matériaux adéquates métal 7 et semi-conducteur 8 de type n. Par exemple, pour un métal 7 qui est le platine, la couche semi-conductrice 8 peut être
10 soit du SiC (carbure de silicium) de type n, soit du TiO₂ (rutile) de type n, obtenus par pulvérisation.

Selon une autre caractéristique avantageuse de l'invention, le semi-conducteur de type n, présente une surface d'émission 11 pour les électrons extraits dans le vide 4. Le semi-conducteur 8 présente une épaisseur définie entre la jonction
15 Schottky 9 et la surface d'émission 11, comprise entre 1 et 20 nm. La valeur de cette épaisseur est définie par la valeur de l'abaissement souhaitée pour la barrière de potentiel de surface. L'épaisseur du semi-conducteur 8 peut être, par exemple, de l'ordre de 5 nm pour des couches semi-conductrices de SiC (carbure de silicium) de type n ou de TiO₂ (oxyde de titane ou rutile) de type n sur une couche métallique de
20 platine. Selon une caractéristique préférée de réalisation, le semi-conducteur 8 est du type n à large gap, c'est-à-dire supérieur ou égal à 3 eV.

La fig. 2 illustre les bandes d'énergie de la couche métallique 7 et du semi-conducteur 8 par rapport au vide 4, lorsqu'ils se trouvent séparés l'un de l'autre. La couche métallique 7 présente un niveau de Fermi E_f et un travail de sortie Φ_m entre
25 le niveau de Fermi et le niveau V_0 du potentiel du vide 4. Le semi-conducteur 8 présente une bande interdite de largeur E_g , une bande de conduction de niveau E_c , un niveau de Fermi E_f , ainsi qu'une affinité électronique χ par rapport au niveau V_0 du potentiel du vide 4. Lors de la réalisation de la jonction Schottky entre la couche métallique 7 et le semi-conducteur 8 de type n, il se produit un ajustement d'énergie
30 conduisant à un même niveau de Fermi et de potentiel du vide 4. Ainsi, tel que cela ressort de la fig. 2bis, la cathode 2 ainsi réalisée présente une couche métallique 7

avec un niveau de Fermi E_f et définissant avec le semi-conducteur 8 de type n, une jonction Schottky 9. A la surface 11 du semi-conducteur 8, il existe une barrière de potentiel de surface V_p .

Le dispositif d'extraction 1 selon l'invention permet par l'intermédiaire de la source de polarisation 5, l'émission des électrons qui s'effectue selon un processus série en deux étapes. La première étape représente l'injection des électrons dans le semi-conducteur 8 pour former une charge d'espace Q suffisante pour abaisser la barrière de potentiel de surface V_p du semi-conducteur 8 jusqu'à une valeur inférieure ou égale à 1 eV par rapport au niveau de Fermi du métal 7. Cette première étape est suivie d'une deuxième étape qui consiste à réguler de manière réversible, l'émission des électrons vers l'anode 3 à l'aide de la source de polarisation 5 créant un champ électrique F dans le vide 4 permettant de contrôler la hauteur de la barrière de potentiel de surface V_p du semi-conducteur 8.

La fig. 2bis permet d'illustrer le processus d'émission des électrons selon deux étapes consécutives. Lors de la première étape et_1 , la barrière de potentiel de surface V_p du semi-conducteur 8 est abaissée jusqu'à une valeur inférieure ou égale à 1 eV par rapport au niveau de Fermi E_f du métal 7. La différence d'énergie entre la valeur maximum de la barrière de potentiel de surface du semi-conducteur 8 et le niveau de Fermi du métal 7 est représentée par $\Delta\phi E$. Cet abaissement de la barrière de potentiel de surface du semi-conducteur 8 (passage de la courbe C_0 à la courbe C_1) est dû à l'injection, par l'intermédiaire de la source de polarisation 5, des électrons à travers la jonction 9 et à la création de la charge d'espace Q dans le semi-conducteur 8. L'abaissement de la barrière de potentiel de surface du semi-conducteur 8 est une fonction croissante de la charge d'espace Q qui est elle-même une fonction inverse de l'épaisseur du semi-conducteur 8.

Lors de la deuxième étape et_2 , l'émission des électrons vers l'anode 3 est régulée à l'aide de la source de polarisation 5 qui crée dans le vide 4, un champ électrique F variable qui permet de moduler la barrière de potentiel de surface V_p . La barrière de potentiel de surface V_p (courbes C_1 , C_2 , C_3) est abaissée pour des valeurs de plus en plus élevées pour la valeur du champ électrique F . Il peut ainsi être distingué dans l'étape et_2 , trois comportements caractéristiques de la cathode par

rapport à la valeur du champ électrique F créé dans le vide à l'aide de la source de polarisation 5, illustrés plus particulièrement aux fig. 3 à 5.

La fig. 3 illustre un premier comportement de l'anode 2 pour laquelle la tension appliquée par la source de polarisation 5 est inférieure à une valeur de seuil V_s , à partir de laquelle il peut être mesuré un courant d'électrons. Pour cette valeur de tension, il est appliqué un champ électrique F conduisant à un premier abaissement a_1 de la hauteur de la barrière de potentiel de surface résultant de la courbure de bande due à la pénétration du champ électrique F et à la création d'une charge d'espace Q suite à l'injection des électrons du métal 7 dans le semi-conducteur 8. Il est obtenu également un abaissement a_2 de la hauteur de la barrière de potentiel de surface du semi-conducteur en raison de l'effet Schottky. Il est à noter que la présence du champ électrique F conduit également à une déformation de la barrière du potentiel de surface du semi-conducteur 8. Dans l'exemple illustré à la fig. 3, l'abaissement du potentiel total ($a_1 + a_2$) de la barrière de potentiel de surface V_p du semi-conducteur, obtenu par un champ électrique donné correspondant à une tension faible et inférieure à la tension de seuil V_s , n'est pas suffisante pour permettre l'émission d'électrons. La barrière de potentiel de surface V_p est donc trop haute pour permettre l'émission d'électrons dans le vide 4. Les électrons injectés à travers la jonction électronique 9 se trouve piégés à l'intérieur du semi-conducteur 8. Il doit être considéré que la hauteur de la barrière de potentiel de surface du semi-conducteur de type n , est supérieure au niveau des états occupés par les électrons dans le semi-conducteur 8. La fig. 6 montre dans la partie A de la courbe de courant I en fonction du potentiel V de la source 5, la caractéristique de courant obtenu selon cette première phase de fonctionnement.

La fig. 4 illustre un deuxième comportement caractéristique de l'anode 2 pour une tension de polarisation appliquée, supérieure à la tension de seuil V_s . Le champ électrique F ainsi créé est tel que la hauteur de la barrière de potentiel de surface V_p du semi-conducteur 8 est sensiblement égale au niveau des états occupés par les électrons dans le semi-conducteur. L'abaissement ($a_1 + a_2$) de la hauteur de la barrière de potentiel de surface V_p du semi-conducteur est alors suffisant pour permettre la sortie par effet tunnel, des électrons. Il est ainsi obtenu une surface d'émission 11 à faible affinité électronique résultant de la présence de la charge d'espace Q et de la pénétration du champ

électrique. Le courant d'émission de champ I qui est illustré par la partie **B** de la courbe de la fig. 6, est gouverné par la relation de Fowler Nordheim caractéristique de l'émission d'électrons par effet tunnel.

La fig. 5 illustre un troisième comportement caractéristique de la cathode lorsque la tension de polarisation V est très supérieure à la tension de seuil V_s . La tension de polarisation V est telle que le champ électrique créé F est adapté de manière que la hauteur de la barrière de potentiel de surface V_p du semi-conducteur **8** soit inférieure au niveau des états occupés par les électrons dans le semi-conducteur **8**. Il est ainsi obtenu une surface d'émission **11** à affinité électronique négative. Le mécanisme d'émission des électrons relève d'une émission thermoïonique en considérant que l'injection des électrons est obtenue à partir de la jonction **9** métal - semi-conducteur. La partie **C** de la courbe de la fig. 6 illustre la forme du courant I en fonction de la tension V appliquée pour ce troisième comportement. Il doit être considéré que l'émission de courant fonctionnant en régime thermoïonique, n'est pas sensible aux petites variations de la barrière de vide dues à l'adsorption. Tel que cela apparaît plus précisément sur la fig. 7, la stabilité du courant augmente avec l'accroissement de la tension de polarisation V parce que l'injection d'électrons n'est pas affectée par les modifications susceptibles d'apparaître dans le vide **4**.

Le procédé selon l'invention permet ainsi de réguler l'émission du flux d'électrons à partir du contrôle de la hauteur de la barrière de potentiel de surface V_p du semi-conducteur **8**, qui est directement liée à la valeur de la tension de polarisation V . Dans cette seconde étape, il peut être obtenu une surface d'émission n'émettant pas d'électrons (fig. 3), présentant une affinité électronique faible (fig. 4) ou négative (fig. 5).

Un avantage de la technique selon l'invention est de présenter une interface d'injection qui est une jonction solide entre un métal et un semi-conducteur. L'injection d'électrons est donc protégée des influences de l'environnement, telles que les phénomènes d'adsorption, de désorption, les bombardements ioniques, etc. Par ailleurs, la surface d'émission de la cathode après la première étape et₁, est une surface à affinité électronique faible ou négative. L'émission d'électrons n'est pratiquement pas sensible aux influences de l'environnement, telles que les phénomènes d'adsorption, de désorption, les bombardements ioniques, etc. Par ailleurs, il est à noter que le courant d'émission est très sensible à la température de sorte qu'il peut être prévu d'assurer le contrôle de la température de la cathode afin de régler le flux du faisceau d'électrons émis.

De la description qui précède, il ressort que la surface d'émission est directement dépendante de la distribution du champ électrique sur la surface d'émission 11 de la cathode. Aussi, la présence de protubérances ou de saillies sur la face d'émission 11 permet de confiner l'émission des électrons au niveau de ses protubérances. Bien entendu, il peut
5 aussi être envisagé que l'émission des électrons s'effectue à partir d'une surface plane.

Les **fig. 8 à 10** décrivent différents exemples de réalisation d'une cathode 2 pour la mise en oeuvre du procédé d'extraction conforme à l'invention. Selon un avantage de l'invention, la cathode 2 peut être réalisée à partir des technologies planaires classiques de fabrication en micro-électronique.

10 La **fig. 8** décrit une cathode 2 comportant une première partie formant un réservoir d'électrons et constituée par une couche métallique 7 portée par un substrat 13 métallique, semi-conducteur ou isolant. La couche métallique 7 est revêtue d'une couche d'un semi-conducteur 8 de type n permettant de constituer la jonction Schottky 9. La couche semi-conductrice 8, réalisée par les technologies
15 classiques de dopage en micro-électronique, telles que par implantation ionique ou par un dépôt, par exemple de type CVD, pulvérisation, évaporation, sous vide ou PVD. Dans cet exemple de réalisation, la surface d'émission 11 est sensiblement plane. Selon une autre forme de réalisation découlant de celle illustrée à la **fig. 9**, il est prévu de réaliser une surface d'émission 11 présentant des protubérances ou des saillies 14 en
20 des endroits déterminés. A cet effet, il est prévu de réaliser un substrat 13 en un semi-conducteur ou en métal dont la face destinée à recevoir la couche métallique 7 est gravée par des techniques de lithographie, de manière à permettre la réalisation de protubérances, destinées à recevoir en superposition, la couche métallique 7 et la couche de semi-conducteur 8 de type n. Tel que cela apparaît clairement sur la **fig. 9**,
25 l'élément semi-conducteur 8 présente ainsi une surface d'émission 11 présentant des zones localisées 14 pour un confinement spatial des électrons d'émission au niveau de l'extrémité de ses protubérances 14.

La **fig. 10** illustre une autre variante de réalisation d'une cathode 2 conforme à l'invention comportant une couche métallique 7 déposée sur un substrat isolant 13.
30 L'ensemble ainsi constitué est soumis à un bombardement ionique pour permettre l'apparition de protubérances en forme de pointes 15 et formant un élément 8 semi-

conducteur de type n. Il apparaît ainsi une jonction 9 métal - semi-conducteur au niveau de la protubérance traversant la couche métallique 7.

Le dispositif d'extraction d'électrons selon l'invention trouve de nombreuses applications dans le domaine de l'électronique, notamment pour constituer une source pour composants électroniques sous vide ou pour réaliser des écrans plats. Dans l'application de l'objet de l'invention à la fabrication d'écrans plats, il peut être prévu classiquement de mettre en oeuvre une première électrode d'extraction des électrons placée en relation de proximité de l'anode et laissant passer les faisceaux d'électrons dont l'intensité est modulée localement pour chaque pixel de l'écran. Ces faisceaux sont récupérés par une anode de réception placée en aval de l'anode d'extraction par rapport à la cathode d'émission. Il est noter que la réalisation du substrat 13 portant la couche métallique 7 en un matériau semi-conducteur, offre la possibilité d'intégrer dans le substrat, des composants électroniques actifs pour contrôler localement l'émission des électrons.

L'objet de l'invention trouve une autre application particulièrement avantageuse pour la production de faisceaux d'électrons parallèles et uniformes pour la lithographie électronique à projection.

Dans les exemples de réalisation décrits en relation des fig. 8 à 10, le substrat 13 présente une géométrie plane. Une telle géométrie est particulièrement adaptée pour les dispositifs nécessitant une source d'électrons planaire (par exemple écrans plats de dimensions pouvant atteindre le m^2 ou plus, des composants électroniques de dimensions plus réduites de l'ordre du mm^2 ou de plusieurs dizaines de cm^2). Bien entendu, le substrat 13 peut présenter d'autres types de géométries en fonction de leur application. Par exemple, le substrat 13 peut posséder une géométrie du type pointe individuelle ou tête d'épingle individuelle pour la réalisation des cathodes dans les canons à électrons individuels. Ces canons sont utilisés notamment dans les microscopes électroniques ou les tubes cathodiques.

L'invention n'est pas limitée aux exemples décrits et représentés, car diverses modifications peuvent y être apportées sans sortir de son cadre.

REVENDEICATIONS :

1 - Procédé pour extraire dans le vide (4), des électrons émis à partir d'une cathode (2) située en relation de distance d'une anode (3) qui est placée à un potentiel donné par rapport à la cathode, à l'aide d'une source de polarisation (5), caractérisé en ce qu'il consiste :

- à réaliser une cathode (2) présentant au moins une jonction (9) entre un métal (7) servant de réservoir d'électrons et un semi-conducteur (8) de type n, présentant une surface d'émission (11) pour les électrons, possédant une hauteur de barrière de potentiel de surface de quelques dixièmes d'électrons volts, et présentant une épaisseur comprise entre 1 et 20 nm, définie par la valeur de l'abaissement souhaitée de la barrière de potentiel de surface,
- à assurer l'injection des électrons à travers la jonction (9) métal - semi-conducteur pour créer, dans le semi-conducteur (8) une charge d'espace (Q) suffisante pour abaisser la barrière de potentiel de surface du semi-conducteur jusqu'à une valeur inférieure ou égale à 1 eV par rapport au niveau de Fermi du métal (7),
- et à contrôler à l'aide de la source de polarisation (5) créant un champ électrique dans le vide, la hauteur de la barrière de potentiel de surface (V_p) du semi-conducteur de type n, de manière à modifier de façon réversible, l'affinité électronique de la surface du semi-conducteur de type n, en vue de réguler l'émission vers l'anode du flux d'électrons.

2 - Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'il consiste à régler la source de polarisation (5), en vue de créer un champ électrique adapté de manière que la hauteur de la barrière de potentiel de surface (V_p) du semi-conducteur de type n soit supérieure au niveau des états occupés par les électrons dans le semi-conducteur de type n, en vue d'obtenir une surface d'émission n'émettant pas d'électrons.

3 - Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'il consiste à régler la source de polarisation (5), en vue de créer un champ électrique adapté de manière que la hauteur de la barrière de potentiel de surface (V_p) du semi-conducteur de type n

soit sensiblement égale au niveau des états occupés par les électrons dans le semi-conducteur du type n, en vue d'obtenir une surface d'émission à faible affinité électronique.

4 - Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'il consiste à régler la source de polarisation (5), en vue de créer un champ électrique adapté de manière que la hauteur de la barrière de potentiel de surface du semi-conducteur de type n soit inférieure au niveau des états occupés par les électrons dans le semi-conducteur de type n, en vue d'obtenir une surface d'émission à affinité électronique négative.

5 - Procédé selon l'une des revendications 1, 3 ou 4, caractérisé en ce qu'il consiste à assurer le contrôle de la température de la cathode (2), afin de régler le flux du faisceau d'électrons émis.

6 - Dispositif pour extraire dans le vide (4), des électrons émis à partir d'une cathode (2) située à distance d'au moins une anode (3) placée à un potentiel donné par rapport à la cathode à l'aide d'une source de polarisation (5), caractérisé en ce qu'il comporte :

- une cathode d'émission (2) comportant au moins une jonction (9) entre un métal (7) et un semi-conducteur (8) de type n, possédant une hauteur de barrière de potentiel de surface de quelques dixièmes d'électrons volts, le semi-conducteur de type n, présentant une surface d'émission pour les électrons et possédant une épaisseur comprise entre 1 et 20 nm définie par la valeur de l'abaissement souhaitée de la barrière de potentiel de surface,
- et une source de polarisation (5) créant un champ électrique dans le vide (4) permettant, d'une part, d'assurer l'injection des électrons à travers la jonction (9) métal - semi-conducteur pour créer, dans le semi-conducteur (8), une charge d'espace (Q) suffisante pour abaisser la barrière de potentiel de surface du semi-conducteur jusqu'à une valeur inférieure ou égale à 1 eV par rapport au niveau de Fermi du métal (7) et, d'autre part, de régler la hauteur de la barrière de potentiel de surface du semi-conducteur de type n, c'est-à-dire de modifier de façon réversible l'affinité électronique de la

surface du semi-conducteur de type n, en vue de régler l'émission du flux d'électrons.

7- Dispositif selon la revendication 6, caractérisé en ce qu'il comporte une électrode d'extraction des électrons suivie d'une anode de réception des électrons extraits.

8 - Cathode d'émission d'électrons pour un dispositif d'extraction dans le vide d'un faisceau d'électrons, conforme à la revendication 6 ou 7, caractérisée en ce qu'elle comporte :

- une première partie formant réservoir d'électrons et formée par au moins une couche métallique (7),
- et une deuxième partie formant milieu de conduction pour les électrons injectés dans la couche métallique et formée par un semi-conducteur (8) de type n, définissant avec la couche métallique, une jonction (9) métal - semi-conducteur possédant une hauteur de barrière de potentiel de quelques dixièmes d'électrons volts, le semi-conducteur de type n, présentant une surface d'émission (11) pour les électrons, et possédant une épaisseur comprise entre 1 et 20 nm définie par la valeur de l'abaissement souhaitée de la barrière de potentiel de surface.

9 - Cathode d'émission selon la revendication 8, caractérisée en ce que la jonction électronique possède une hauteur de barrière de potentiel comprise entre 0,05 eV et 0,5 eV et, de préférence, de l'ordre de 0,1 eV.

10 - Cathode selon la revendication 8, caractérisée en ce que la première partie formant réservoir d'électrons est formée par une couche métallique (7) portée par un substrat (13) métallique, semi-conducteur ou isolant.

11 - Cathode selon la revendication 8, caractérisée en ce que le semi-conducteur (8) de type n possède une surface d'émission (11) pour les électrons, sensiblement plane.

12 - Cathode selon la revendication 8, caractérisée en ce que le semi-conducteur (8) de type n, possède une surface d'émission (11) pour les électrons, présentant des protubérances (14, 15) permettant une émission confinée des électrons en regard de chacune d'entre elles.

13 - Cathode selon la revendication 11, caractérisée en ce que le semi-conducteur (8) de type n, possède une surface d'émission (11) pour les électrons présentant des protubérances (14) réalisées par des techniques de lithographie en des endroits déterminés.

5 14 - Cathode selon la revendication 11, caractérisée en ce que le semi-conducteur (8) de type n, possède une surface d'émission pour les électrons présentant des protubérances (15) en forme de pointe, obtenues par un bombardement ionique de la couche métallique déposée sur un substrat isolant.

10 15 - Cathode selon la revendication 8, caractérisée en ce que la première partie formant réservoir d'électrons est formée par une couche métallique (7) portée par un substrat semi-conducteur dans lequel sont aménagés des composants actifs pour contrôler localement l'émission des électrons.

15 16 - Cathode selon la revendication 10, caractérisée en ce que le substrat (13) possède une géométrie de pointe individuelle ou en tête d'épingle pour des canons à électrons individuels.

 17 - Application d'une cathode selon l'une des revendications 10 à 15, à la production de faisceaux d'électrons parallèles et uniformes pour la lithographie électronique à projection.

20 18 - Application d'une cathode selon l'une des revendications 10 à 15, à la production de faisceaux d'électrons parallèles dont l'intensité est modulée localement pour chaque pixel d'un écran plat.

THIS PAGE BLANK (USPTO)

1/8

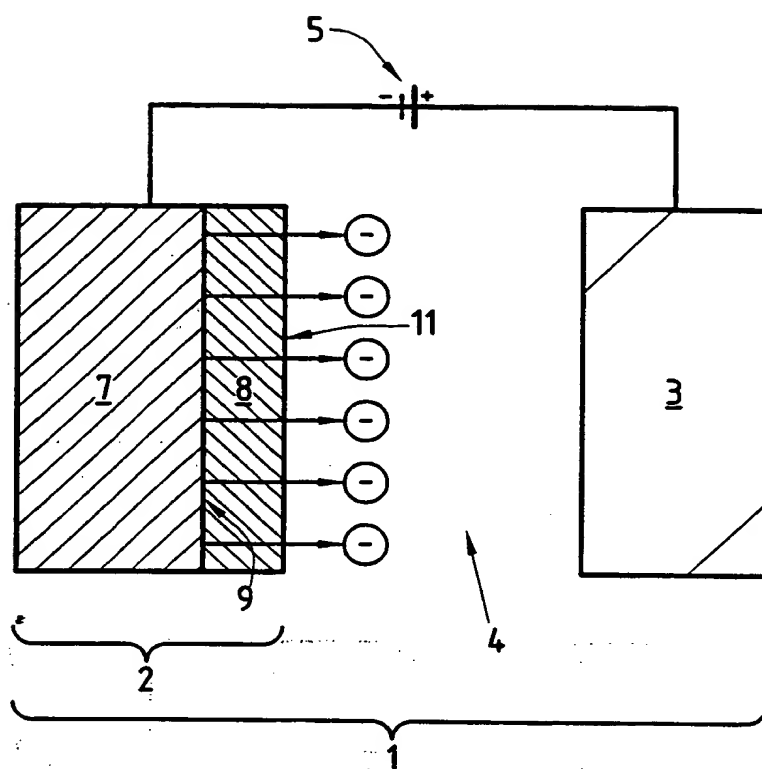
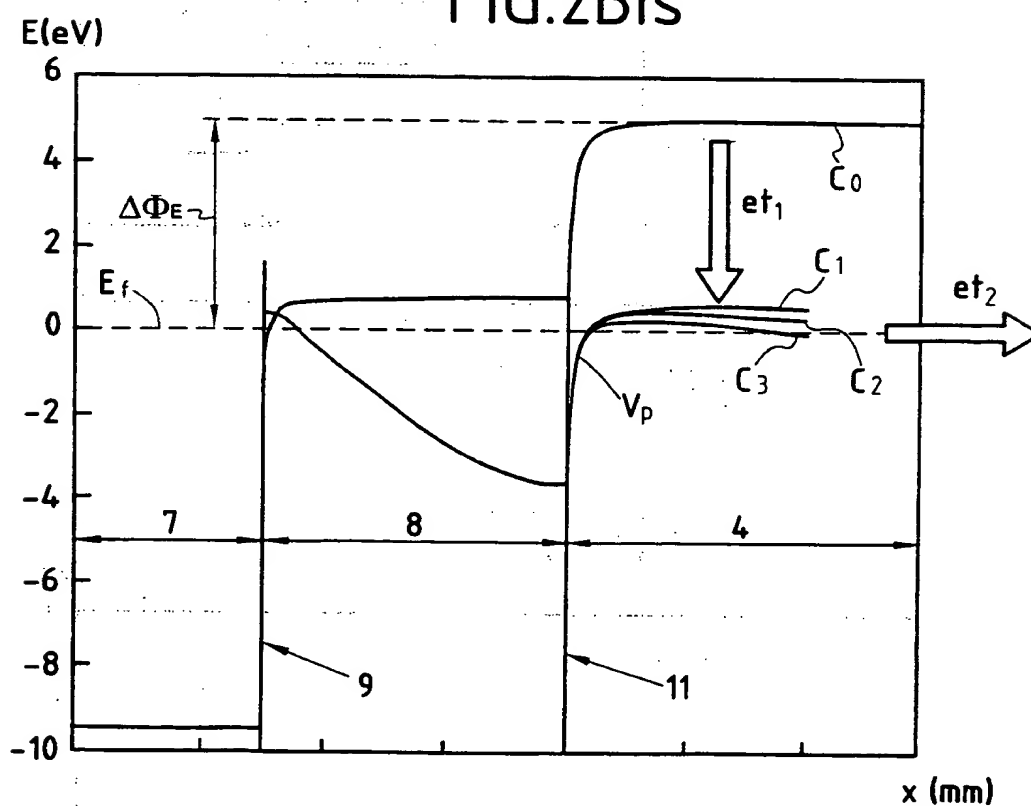


FIG.1

FIG.2Bis



THIS PAGE BLANK (USPTO)

2/8

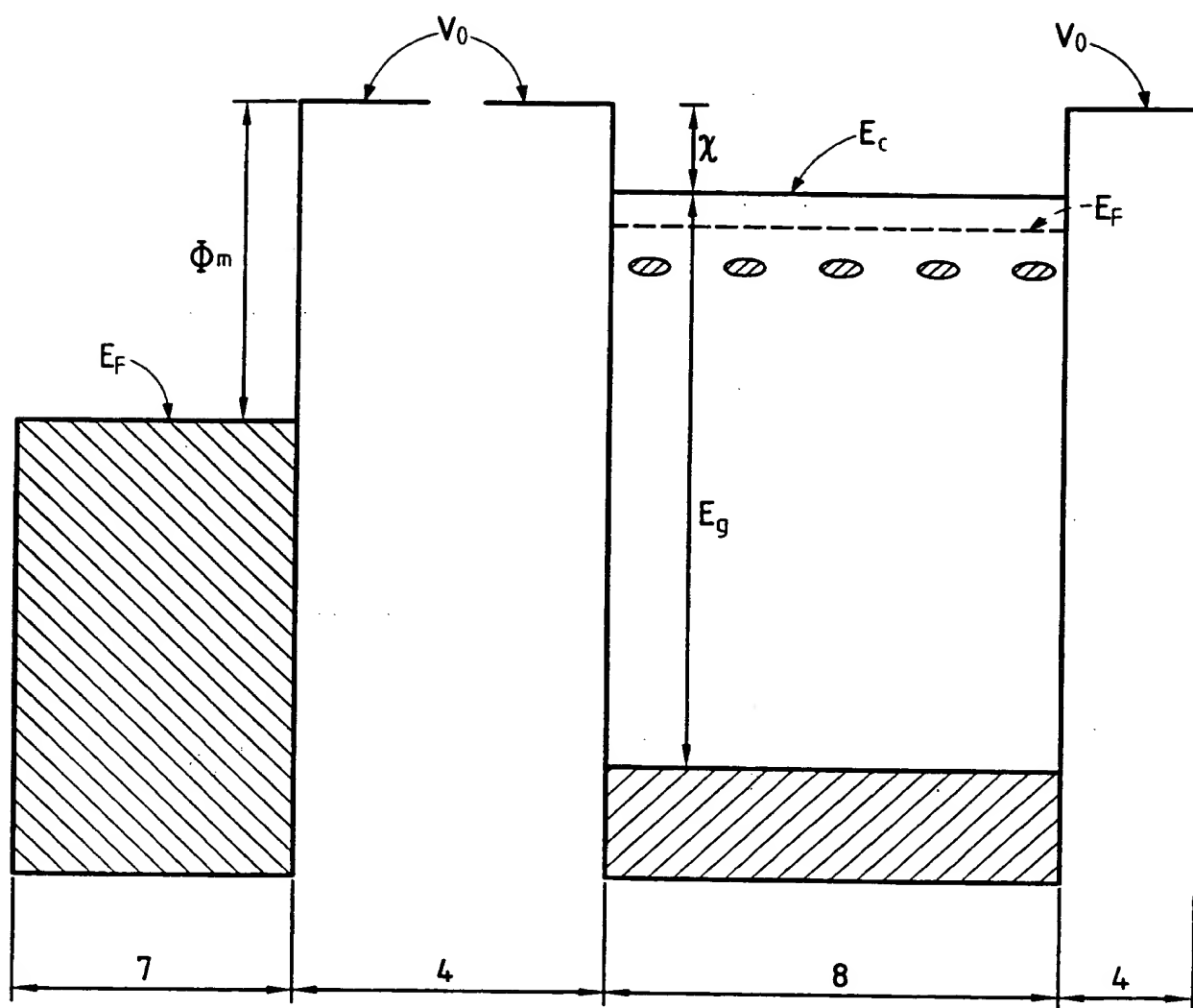


FIG.2

THIS PAGE BLANK (USPTO)

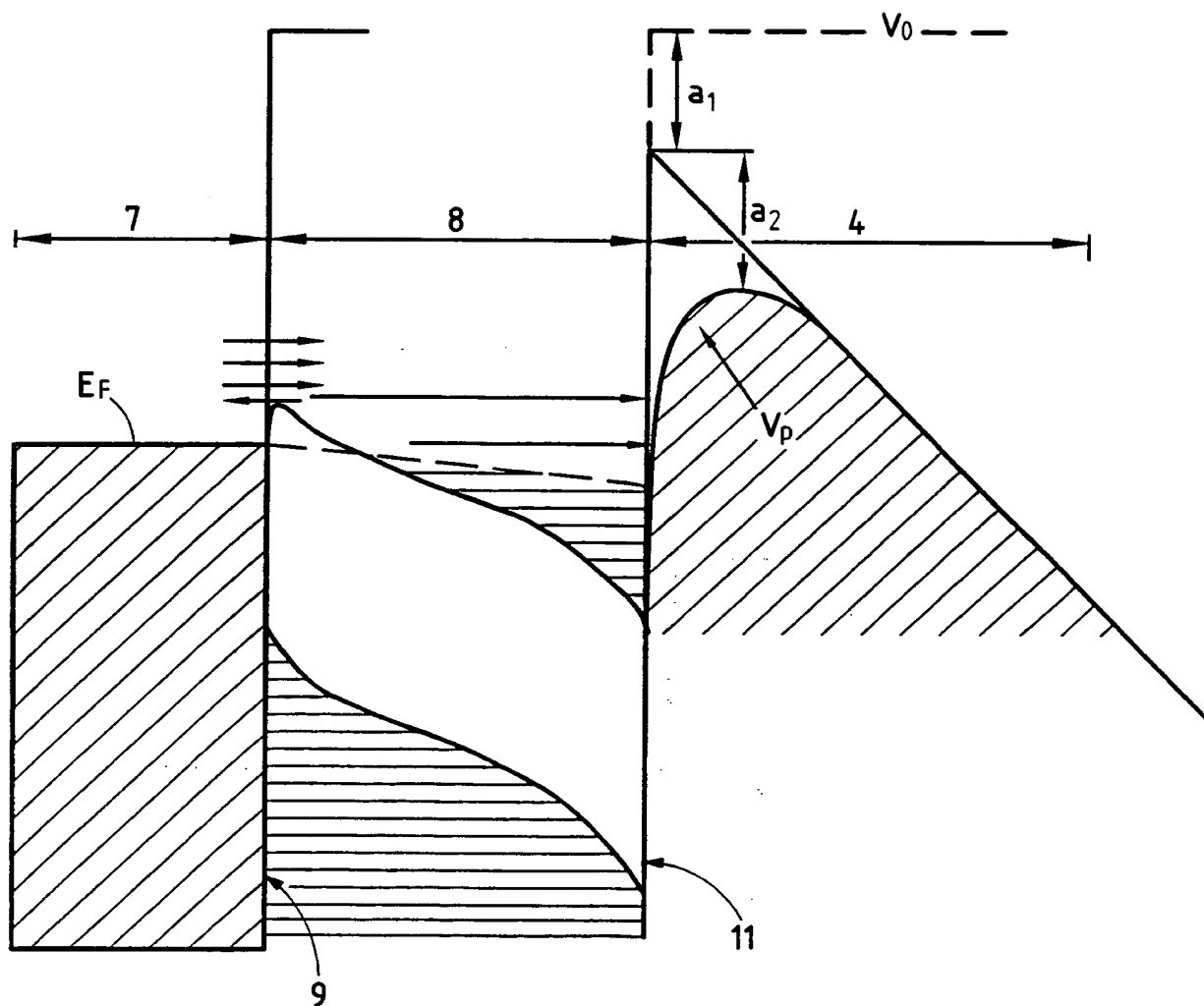


FIG.3

THIS PAGE BLANK (USPTO)

4/8

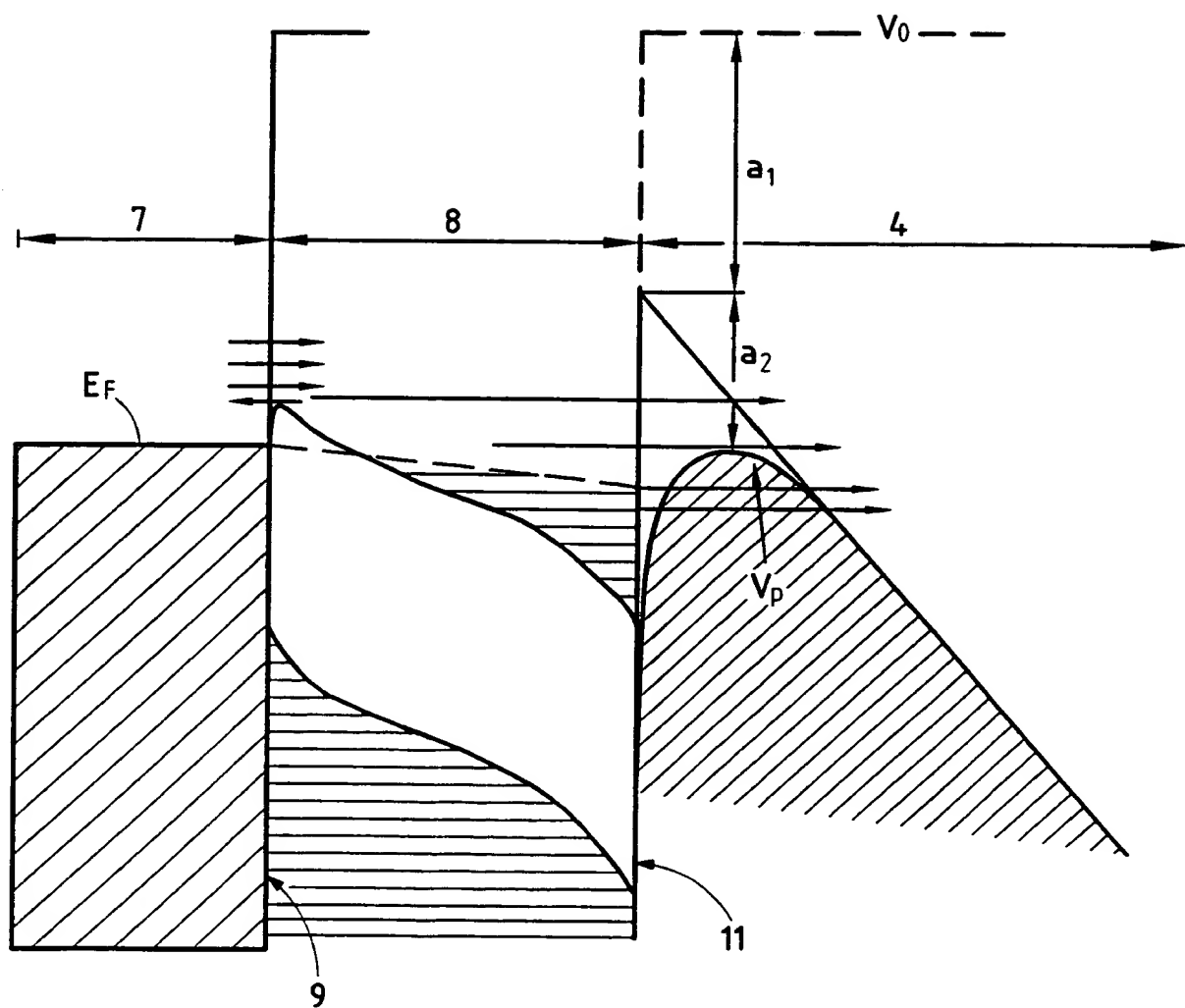
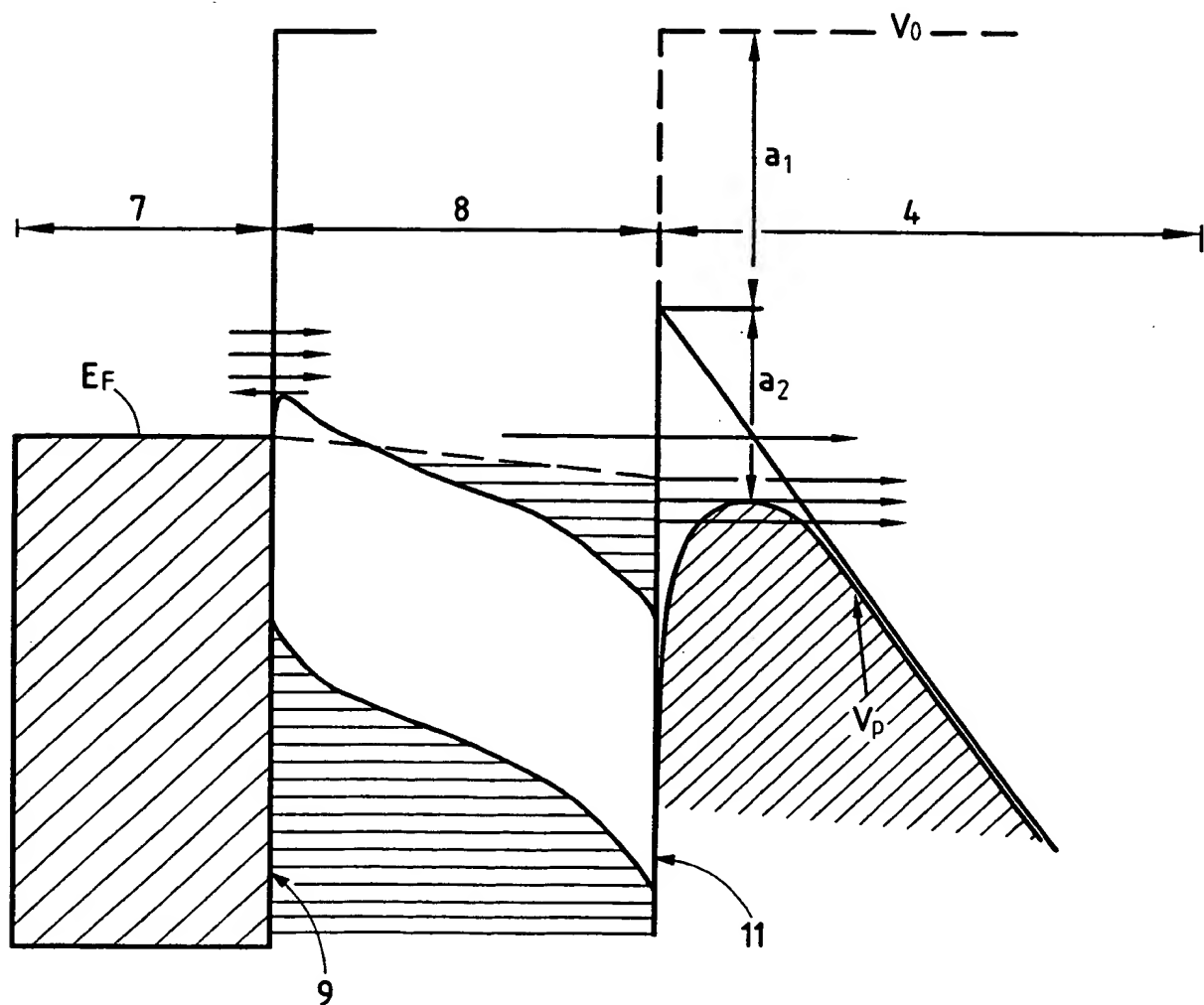


FIG.4

THIS PAGE BLANK (USPTO)



THIS PAGE BLANK (USPTO)

6/8

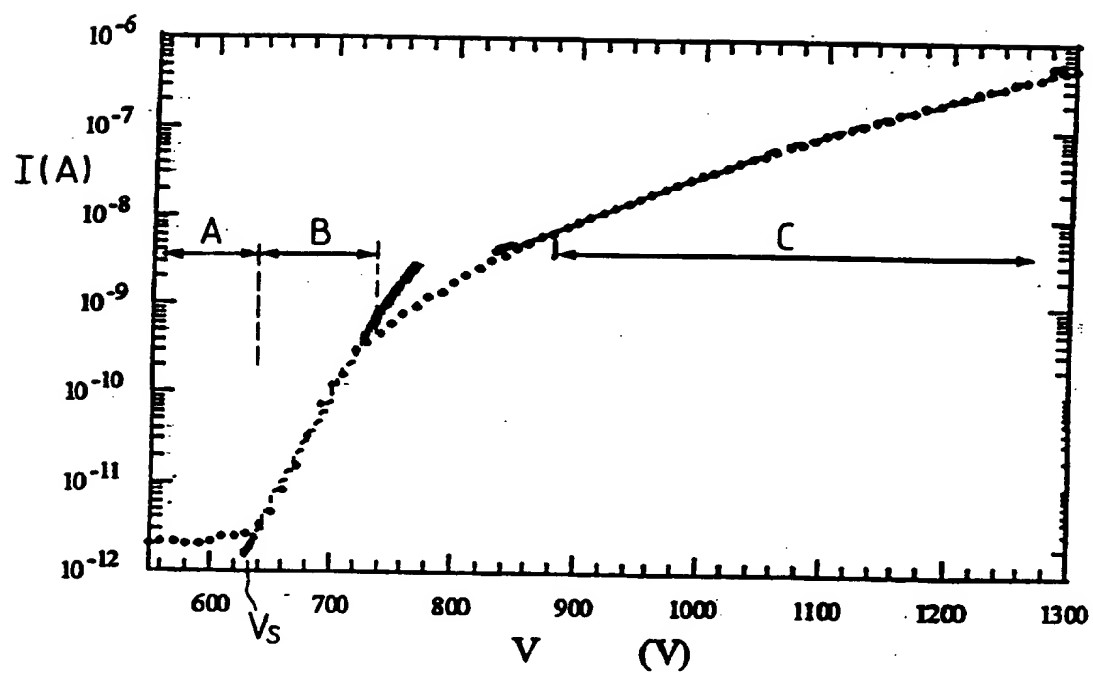


FIG.6

THIS PAGE BLANK (USPTO)

7/8

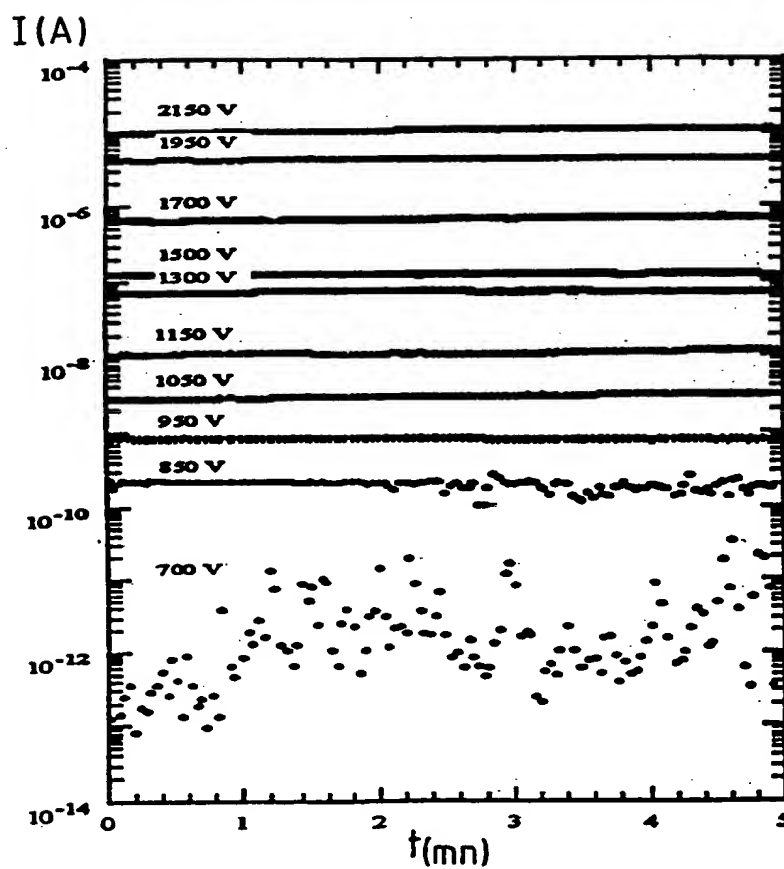


FIG. 7

THIS PAGE BLANK (USPTO)

8/8

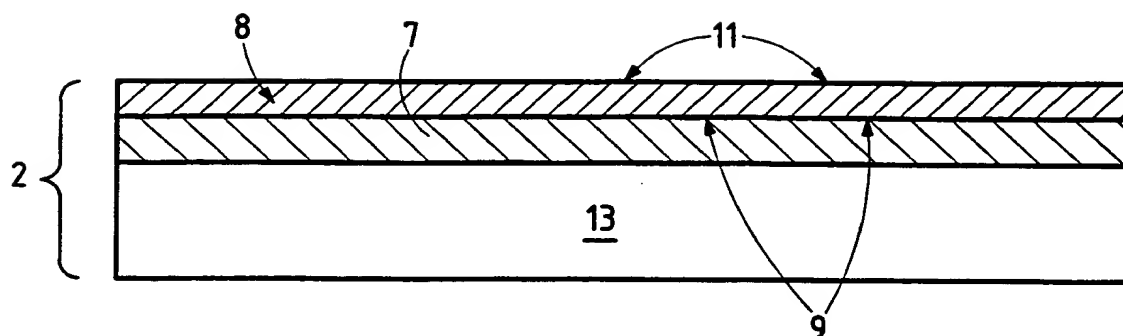


FIG. 8

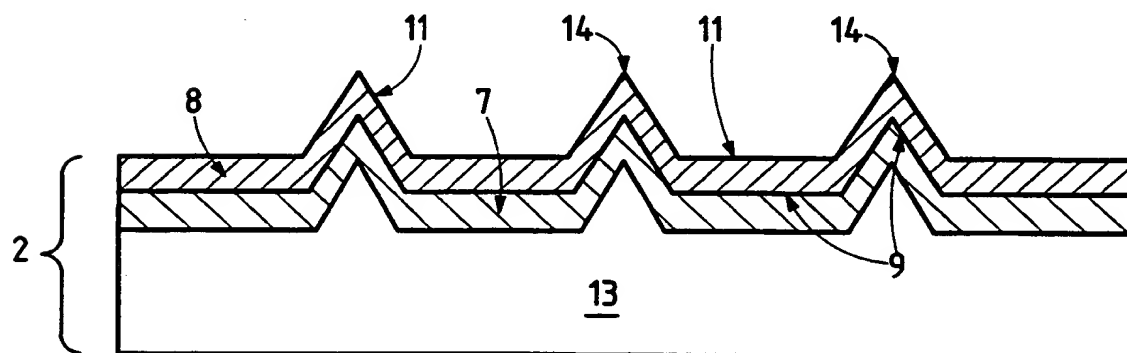


FIG. 9

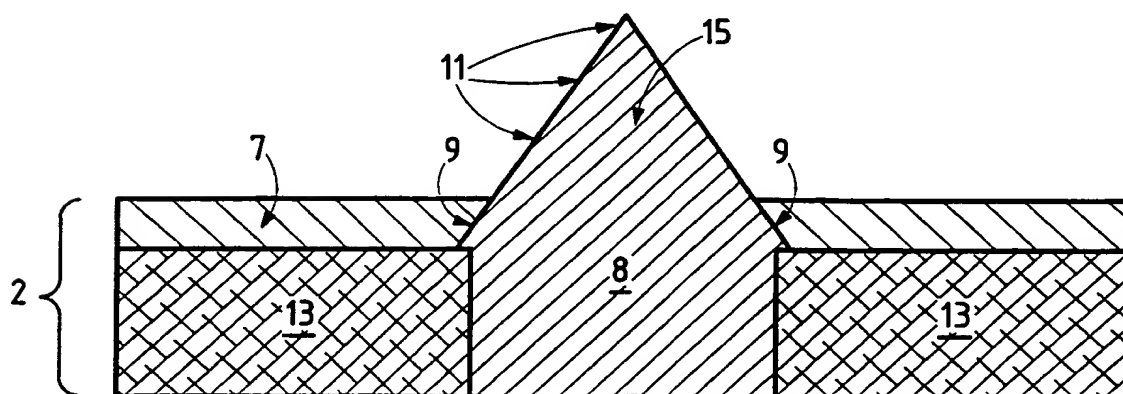


FIG. 10

FEUILLE DE REMPLACEMENT (REGLE 26)

THIS PAGE BLANK (USPTO)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No.

PCT/EP 00/01297

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 7 H01J1/30

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 H01J

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

PAJ, WPI Data, EPO-Internal, INSPEC, COMPENDEX, IBM-TDB

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	WO 98 06135 A (PHILIPS ELECTRONICS NV ;PHILIPS NORDEN AB (SE)) 12 February 1998 (1998-02-12) cited in the application page 5, line 7 -page 6, line 1; claims 1-10	1,6,8,18
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 018, no. 167 (E-1528), 22 March 1994 (1994-03-22) & JP 05 342983 A (SAAMOBONITSUKU:KK;OTHERS: 01), 24 December 1993 (1993-12-24) abstract	1
X	US 3 114 070 A (R.STRATTON) 10 December 1963 (1963-12-10) column 2, line 17 - line 71; claims 1,2	1
	-/--	

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

29 June 2000

Date of mailing of the international search report

05/07/2000

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Van den Bulcke, E

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No.

PCT/FR 00/01297

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 3 098 168 A (P.AIGRAIN) 16 July 1963 (1963-07-16) claims 1-9 ---	6-8
X	US 3 916 227 A (MOHR WALTER ET AL) 28 October 1975 (1975-10-28) claims 1-10 ---	1,6,8
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 1996, no. 05, 31 May 1996 (1996-05-31) & JP 08 007746 A (FUJITSU LTD), 12 January 1996 (1996-01-12) abstract ---	1
A	SUGINO T ET AL: "Electron emission characteristics of metal/diamond field emitters", DIAMOND AND RELATED MATERIALS,NL,ELSEVIER SCIENCE PUBLISHERS, AMSTERDAM, VOL. 6, NR. 5-7, PAGE(S) 889-892 XP004081165 ISSN: 0925-9635 page 890 ---	1
A	US 5 359 257 A (BUNCH KYLE J ET AL) 25 October 1994 (1994-10-25) ---	
A	US 5 266 867 A (SAKURAI HIROSHI) 30 November 1993 (1993-11-30) ---	
A	FR 1 225 675 A (METROPOLITAN-VICKERS ELECTRICAL) 4 July 1960 (1960-07-04) ---	
A	FR 964 760 A (A.MIRLES ET AL.) 24 August 1950 (1950-08-24) ---	
A	EP 0 696 043 A (HITACHI LTD) 7 February 1996 (1996-02-07) ---	
A	US 3 121 809 A (M.ATALIA) 18 February 1964 (1964-02-18) ---	
A	H.J.IM ET AL.: "ballistic electron emission microscopy study of schottky contacts on 6H- and 4H-SiC" APPLIED PHYSICS LETTERS, vol. 72, no. 7, 16 February 1998 (1998-02-16), pages 839-841, XP002126517 ---	
A	GEIS M W ET AL: "THEORY AND EXPERIMENTAL RESULTS OF A NEW DIAMOND SURFACE-EMISSION CATHODE", THE LINCOLN LABORATORY JOURNAL,US,NEW YORK,NY, VOL. 10, NR. 1, PAGE(S) 3-18 XP000749210 -----	

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

Int. Application No

PCT/JP00/01297

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
WO 9806135	A	12-02-1998	EP 0858673 A JP 11513186 T US 6046542 A	19-08-1998 09-11-1999 04-04-2000
JP 05342983	A	24-12-1993	NONE	
US 3114070	A	10-12-1963	DE 1099653 B GB 853352 A	
US 3098168	A	16-07-1963	CH 363096 A DE 1226716 B FR 1204367 A GB 923143 A	26-01-1960
US 3916227	A	28-10-1975	US 3821773 A	28-06-1974
JP 08007746	A	12-01-1996	NONE	
US 5359257	A	25-10-1994	NONE	
US 5266867	A	30-11-1993	JP 4363835 A US 5352477 A	16-12-1992 04-10-1994
FR 1225675	A	04-07-1960	NONE	
FR 964760	A	24-08-1950	NONE	
EP 0696043	A	07-02-1996	DE 69515389 D JP 8222163 A US 5616926 A	13-04-2000 30-08-1996 01-04-1997
US 3121809	A	18-02-1964	BE 622805 A FR 1341703 A NL 283434 A	31-01-1964

THIS PAGE BLANK (USPTO)